(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0033947
(43) 공개일자 2020년03월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 26/08 (2006.01) *B22F 3/00* (2006.01)
B29C 64/153 (2017.01) *B33Y 10/00* (2015.01)
B33Y 30/00 (2015.01) *B33Y 70/00* (2020.01)
G03B 21/14 (2006.01) *G09G 3/00* (2006.01)
H04N 9/31 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 26/0875 (2013.01)
B22F 3/008 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7006040
(22) 출원일자(국제) 2018년08월02일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년02월28일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/044938
(87) 국제공개번호 WO 2019/028215
국제공개일자 2019년02월07일
(30) 우선권주장
62/540,392 2017년08월02일 미국(US)

(71) 출원인
트리오 랩스 인코포레이티드
미국 노스캐롤라이나 리서치 트라이앵글 파크 데이비스 드라이브 2 스위트 132 (우: 27709)
(72) 발명자
스티지, 아담, 티.씨.
미국 27713 노스캐롤라이나 더럼 슬리피 크릭 드라이브 718
(74) 대리인
특허법인 남앤남

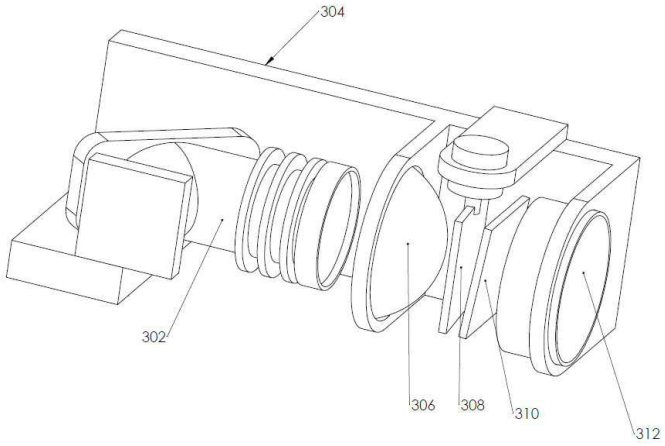
전체 청구항 수 : 총 48 항

(54) 발명의 명칭 **인시츄 주입 및 이미징을 활용하는 임의 형상 제작**

(57) 요 약

제작 디바이스는 디지털 모델의 3차원 고체 나타냄의 제조를 위한 빌드 재료의 층들을 수용하기 위한 플랫폼, 빌드 재료의 층들을 퇴적하기 위한 컴포넌트, 및 디지털 모델에 보유되는 데이터의 일부들을 나타내는 단면들로 빌드 재료의 각각의 일부들을 결합할 이미징 컴포넌트를 포함한다. 제1 이미징 컴포넌트는 특화된 굴절 픽셀 시프팅 기구를 활용하는 프로그래밍가능한 평면식 광원, 또는 다른 이미징 시스템일 수 있다. 플랫폼은 구축된 컴포넌트에 광경화성 수지를 제공하기 위한 주입 시스템을 포함한다. 대상물은 다양한 분말 재료들 또는 플라스틱 성분 중 임의를 사용하는 분말 복합재 성분일 수 있다.

대 표 도 - 도17



(52) CPC특허분류
B29C 64/153 (2017.08)
B33Y 10/00 (2013.01)
B33Y 30/00 (2013.01)
B33Y 70/00 (2013.01)
G02B 26/0841 (2013.01)
G02B 27/30 (2013.01)
G03B 21/14 (2013.01)
G09G 3/007 (2013.01)
H04N 9/31 (2019.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

고해상도 이미지(high-resolution image)를 발생시키기 위한 장치로서,

표면 상에 하나 이상의 방사의 빔들(beams of radiation)을 포함하는 이미지를 투사하기 위해 구성되는 디스플레이 유닛(display unit); 및

상기 디스플레이 유닛과 상기 표면 사이에 위치결정되는 투명한 재료를 포함하는 적어도 하나의 굴절 요소를 포함하며, 상기 적어도 하나의 굴절 요소는 하나 이상의 방사의 엑서젠트 빔들(exigent beams of radiation)로서 상기 하나 이상의 방사의 빔들을 전송하도록 구성되며, 그리고 상기 적어도 하나의 굴절 요소는 상기 표면에 대한 상기 이미지의 포지션을 시프팅하도록(shift) 회전가능한,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 디스플레이 유닛은 디지털 마이크로미러 디바이스(digital micromirror device)를 포함하는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 디스플레이 유닛은 복수의 픽셀들(pixels)을 포함하며, 상기 복수의 픽셀들은 상기 픽셀들의 폭보다 더 큰 거리만큼 서로 이격되는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 장치.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 굴절 요소는,

제1 회전 축선을 중심으로 선회가능한 제1 굴절 픽셀 시프터(refractive pixel shifter); 및

상기 제1 회전 축선과 상이한 제2 회전 축선을 중심으로 선회가능한 제2 굴절 픽셀 시프터를 포함하는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 제2 회전 축선은 상기 제1 회전 축선에 대해 실질적으로 수직한,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 장치.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 굴절 요소는 상기 표면에 대한 상이한 각도들로 배열되는 복수의 정적 굴절 요소들(static refractive elements)을 포함하는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 장치.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 디스플레이 유닛과 상기 적어도 하나의 굴절 요소 사이에 위치결정되는 콜리메이션 광학부들(collimation optics)을 포함하며, 상기 콜리메이션 광학부들은 상기 방사의 빔들을 콜리메이팅하기(collimating) 위해 구성되는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 장치.

청구항 8

제1 항 또는 제7 항에 있어서,

상기 표면 상에 상기 이미지의 크기를 조절하기 위해 상기 적어도 하나의 굴절 요소로부터 상기 방사의 엑서젠트 빔들을 포커싱하도록 구성되는 투사 광학부들(projection optic)을 포함하는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 장치.

청구항 9

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 방법으로서,

상기 방법은,

디스플레이 유닛으로부터 표면을 향해 이미지를 투사하는 단계 — 상기 이미지는 하나 이상의 방사의 빔을 포함함 — ;

상기 디스플레이 유닛과 상기 표면 사이에 적어도 하나의 굴절 요소를 위치결정하는 단계;

상기 표면을 향해 지향되는 하나 이상의 방사의 엑서젠트 빔들을 발생시키기 위해 상기 적어도 하나의 굴절 요소를 통해 상기 하나 이상의 방사의 빔을 전송하는 단계; 및

상기 표면에 대한 상기 이미지의 포지션을 조절하기 위해 상기 적어도 하나의 굴절 요소의 회전 포지션을 변경하는 단계를 포함하는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 디스플레이 유닛은 디지털 마이크로미러 디바이스(digital micromirror device)를 포함하며, 그리고 상기 이미지를 투사하는 단계는 "온(on)" 상태에서 상기 디지털 마이크로미러 디바이스의 하나 이상의 픽셀들을 위치결정하는 단계를 포함하는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 방법.

청구항 11

제9 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 굴절 요소의 회전 포지션을 변경하는 단계는, 상기 표면에 대한 상기 이미지의 포지션을 시프팅하기 위해 상기 적어도 하나의 굴절 요소를 회전시키는 단계를 포함하는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 방법.

청구항 12

제9 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 굴절 요소를 위치결정하는 단계는,

상기 디스플레이 유닛과 상기 표면 사이에 제1 굴절 픽셀 시프터를 위치결정하는 단계 — 상기 제1 굴절 픽셀

시프터는 제1 회전 축선을 중심으로 요망되는 포지션으로 선회됨 ― ; 및

상기 제1 굴절 픽셀 시프터와 상기 표면 사이에 제2 굴절 픽셀 시프터를 위치결정하는 단계를 포함하며, 상기 제2 굴절 픽셀 시프터는 상기 제1 회전 축선과 상이한 제2 회전 축선을 중심으로 요망되는 포지션으로 선회되는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 방법.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 제2 회전 축선은 상기 제1 회전 축선에 대해 실질적으로 수직한,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 방법.

청구항 14

제9 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 굴절 요소를 위치결정하는 단계는 상기 디스플레이 유닛과 상기 표면 사이에 복수의 정적 굴절 요소들을 위치결정하는 단계를 포함하며;

상기 적어도 하나의 굴절 요소의 회전 포지션을 변경하는 단계는 상기 표면에 대한 상이한 각도들로 복수의 정적 굴절 요소들을 배열하는 단계를 포함하는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 방법.

청구항 15

제9 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 굴절 요소를 통해 상기 하나 이상의 방사의 빔을 전송하기 전에 상기 하나 이상의 방사의 빔들을 콜리메이팅하는(collimating) 단계를 포함하는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 방법.

청구항 16

제9 항에 있어서,

상기 표면 상에 상기 이미지의 크기를 조절하기 위해 상기 적어도 하나의 굴절 요소로부터 상기 방사의 엑서젠트 빔들을 포커싱하는 단계를 포함하는,

고해상도 이미지를 발생시키기 위한 방법.

청구항 17

3차원 대상물을 제작하기 위한 장치로서,

상기 장치는,

빌드 플랫폼(build platform);

분말 재료를 상기 빌드 플랫폼으로 운반하도록 구성되는 분말 전달 디바이스 ― 상기 분말 전달 디바이스는,

분말 호퍼(powder hopper); 및

상기 분말 호퍼와 연통하고 그리고 상기 분말 호퍼로부터 상기 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 선택적으로 분배하도록 구성되는 분말 계량 시스템(powder metering system)을 포함함 ― ;

상기 퇴적된(deposited) 분말 재료의 적어도 일부분으로 적어도 하나의 광경화성 재료를 운반하도록 구성되는 광경화성 재료 공급 시스템(photocurable material supply system); 및

분말 복합재 성분(powder composite component)의 층을 적어도 부분적으로 고형화하기 위해 상기 광경화성 재료

를 선택적으로 조사하도록 구성되는 이미징 디바이스(imaging device)를 포함하는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 장치.

청구항 18

제17 항에 있어서,

상기 분말 계량 시스템은,

상기 분말 호퍼로부터 상기 분말을 수용하도록 구성되는 분말 매니폴드(powder manifold) ― 상기 분말 매니폴드는 상기 빌드 플랫폼으로 상기 분말 재료를 운반하도록 구성되는 하나 이상의 좁은 경로들을 가짐 ― ; 및

상기 하나 이상의 좁은 경로들을 통해 상기 분말 재료를 선택적으로 이송하도록 구성되는 하나 이상의 액추에이터들(actuators)을 포함하는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 장치.

청구항 19

제18 항에 있어서,

상기 하나 이상의 액추에이터들은, 상기 분말 재료가 상기 하나 이상의 좁은 경로들 중 각각 적어도 하나를 통해 유동하는 것을 유발하기 위해 상기 하나 이상의 좁은 경로들 중 적어도 하나에서 또는 이에 가까이에서 상기 분말 재료를 교반하도록(agitate) 구성되는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 장치.

청구항 20

제18 항에 있어서,

상기 분말 매니폴드는 제1 방향으로 선형으로 연장하고 그리고 상기 빌드 플랫폼 상에 상기 분말 재료의 층을 분배하기 위해 실질적으로 제1 방향에 대해 수직한 제2 방향으로 병진운동하도록 구성되는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 장치.

청구항 21

제17 항에 있어서,

상기 분말 계량 시스템은, 상기 분말이 퇴적됨에 따라 상기 분말의 축적(accumulation)을 측정하기 위해 구성되는 피드백 시스템(feedback system)을 포함하며, 상기 분말 계량 시스템은 상기 피드백 시스템으로부터 수신되는 입력에 기초하여 상기 분말 재료의 분배를 변경하도록 제어되는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 장치.

청구항 22

제17 항에 있어서,

상기 분말 재료가 상기 빌드 플랫폼 상에 퇴적됨에 따라 상기 분말 재료를 평탄화하도록 구성되는 레벨링 디바이스(leveling device)를 포함하는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 장치.

청구항 23

분말 복합재 제작 기계(powder composite fabrication machine)의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법으로서, 상기 방법은,

분말 호퍼로부터 상기 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 선택적으로 분배하는 단계; 및

상기 분말 호퍼와 연통하는 분말 계량 시스템을 사용하여 상기 분말 재료의 운반을 제어하는 단계를 포함하는,

분말 복합재 제작 기계의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법.

청구항 24

제23 항에 있어서,

상기 분말 계량 시스템을 사용하여 상기 분말 재료의 운반을 제어하는 단계는,

상기 분말 호퍼로부터 상기 빌드 플랫폼으로 상기 분말 재료를 운반하도록 구성되는 하나 이상의 좁은 경로들을 가지는 분말 매니폴드로 상기 분말 재료를 운반하는 단계; 및

상기 하나 이상의 좁은 경로들을 통해 상기 분말 재료를 선택적으로 이송하기 위해 하나 이상의 액추에이터들을 작동시키는 단계를 포함하는,

분말 복합재 제작 기계의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법.

청구항 25

제24 항에 있어서,

상기 하나 이상의 액추에이터들을 작동시키는 단계는, 상기 분말 재료가 상기 하나 이상의 좁은 경로들 중 각각 적어도 하나를 통해 유동하는 것을 유발하기 위해 상기 하나 이상의 좁은 경로들 중 적어도 하나에서 또는 이에 가까이에서 상기 분말 재료를 교반하는 단계를 포함하는,

분말 복합재 제작 기계의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법.

청구항 26

제24 항에 있어서,

상기 분말 매니폴드는 제1 방향으로 선형으로 연장하며; 그리고

상기 분말 매니폴드는, 상기 빌드 플랫폼 상에서 상기 분말 재료의 층을 분배하기 위해 상기 하나 이상의 액추에이터들을 작동시키면서, 상기 제1 방향에 대해 실질적으로 수직한 제2 방향으로 병진운동되는,

분말 복합재 제작 기계의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법.

청구항 27

제23 항에 있어서,

상기 분말 계량 시스템을 사용하여 상기 분말 재료의 운반을 제어하는 단계는 상기 층을 제조하기 위해 분말을 이동하도록 정전하(electrostatic charge)를 적용하는 단계를 포함하는,

분말 복합재 제작 기계의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법.

청구항 28

제27 항에 있어서,

상기 분말 재료는 정전기 핸들링(handling)을 용이하게 하기 위한 산화물 층을 제조하기 위해 처리되는 금속 재료를 포함하는,

분말 복합재 제작 기계의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법.

청구항 29

제27 항에 있어서,

상기 분말 재료는 정전기 핸들링을 용이하게 하기 위해 중합체 필름(polymer film)으로 코팅되는,

분말 복합재 제작 기계의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법.

청구항 30

제23 항에 있어서,

상기 분말 호퍼로부터 분말 재료를 선택적으로 분배하는 단계는 유체 현탁액(fluid suspension)에서 상기 분말 재료를 운반하는 단계를 포함하는,

분말 복합재 제작 기계의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법.

청구항 31

제23 항에 있어서,

상기 분말이 퇴적됨에 따라 상기 분말의 축적을 측정하는 단계; 및

상기 측정된 축적에 기초하여 상기 분말 재료의 운반을 변경하는 단계를 포함하는,

분말 복합재 제작 기계의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법.

청구항 32

제23 항에 있어서,

상기 분말 재료가 상기 빌드 플랫폼 상에 퇴적됨에 따라 상기 분말 재료를 평탄화하는 단계를 포함하는,

분말 복합재 제작 기계의 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하기 위한 방법.

청구항 33

분말 복합재 제작을 위한 방법으로서,

상기 방법은,

빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하는 단계;

광경화성 재료로 상기 분말 재료를 주입하는 단계; 및

분말 복합재 성분의 층을 적어도 부분적으로 고형화하기 위해 상기 광경화성 재료를 조사하도록 이미징 디바이스를 선택적으로 활성화하는 단계를 포함하며,

상기 광경화성 재료는 적어도 반응성 모노머(monomer) 또는 올리고머(oligomer)를 포함하는 적어도 하나의 수지 재료, 및 조사에 의해 자극(stimulation)을 겪을 때 상기 모노머 또는 올리고머 성분을 중합하기 위해 구성되는 광개시제(photoinitiator)를 포함하는,

분말 복합재 제작을 위한 방법.

청구항 34

제33 항에 있어서,

상기 광개시제는 상기 광경화성 재료의 1%보다 더 큰 질량 농도를 가지는,

분말 복합재 제작을 위한 방법.

청구항 35

제33 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 수지 재료는 촉매 분해 공정을 사용하여 제거가능한 성분을 포함하며, 그리고

상기 반응성 모노머 또는 올리고머는 상기 촉매 분해 공정에서 사용되는 촉매와 비반응성인,

분말 복합재 제작을 위한 방법.

청구항 36

제33 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 수지 재료는 촉매 분해 공정을 사용하여 제거가능한 성분을 포함하며, 그리고

상기 광경화성 재료는 상기 촉매 분해 공정에서 사용되는 촉매와 비반응성인,

분말 복합재 제작을 위한 방법.

청구항 37

제33 항에 있어서,

상기 적어도 하나 수지 재료는, 상기 광경화성 재료가 가용성(soluble)이 아닌 용매에 가용성인 성분을 포함하는,

분말 복합재 제작을 위한 방법.

청구항 38

제33 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 수지 재료는 상기 광경화성 재료의 제2 용융점보다 더 낮은 제1 용융점을 가지는 부가 성분을 포함하며; 그리고

상기 방법은 상기 제1 용융점 초과인 온도에서 수행되는,

분말 복합재 제작을 위한 방법.

청구항 39

제38 항에 있어서,

상기 광경화성 재료는 촉매 분해 공정에서 분해되도록 구성되며; 그리고

상기 부가 성분은 상기 촉매 분해 공정에서 사용되는 촉매와 비반응성인,

분말 복합재 제작을 위한 방법.

청구항 40

제38 항에 있어서,

상기 광경화성 재료는 상기 부가 성분이 가용성이 아닌 용매에 가용성인,

분말 복합재 제작을 위한 방법.

청구항 41

3차원 대상물(three-dimensional object)을 제작하기 위한 장치로서, 상기 장치는,

분말 재료를 빌드 플랫폼으로 운반하도록 구성되는 분말 전달 디바이스;

상기 빌드 플랫폼과 연통하고 그리고 상기 퇴적된 분말 재료의 적어도 일부분으로 적어도 하나의 광경화성 재료를 운반하도록 및 구성되는 광경화성 재료 공급 시스템;

분말 복합재 성분의 층을 적어도 부분적으로 고형화하기 위해 상기 광경화성 재료를 선택적으로 조사하도록 구성되는 이미징 디바이스; 및

상기 퇴적된 분말 재료로의 상기 적어도 하나의 광경화성 재료의 운반을 감시하도록 구성되는 시각적 피드백 시스템(visual feedback system)을 포함하는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 장치.

청구항 42

제41 항에 있어서,

상기 시각적 피드백 시스템은 주어진 분말 재료에 대한 주입에 대응하는 파장으로 교정되는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 장치.

청구항 43

3차원 대상물을 제작하기 위한 방법으로서,

상기 방법은,

빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하는 단계;

상기 퇴적된 분말 재료의 적어도 일부분으로 적어도 하나의 광경화성 재료를 주입하는 단계;

분말 복합재 성분의 층을 적어도 부분적으로 고형화하기 위해 상기 광경화성 재료를 조사하도록 이미징 디바이스를 선택적으로 활성화하는 단계;

상기 퇴적된 분말 재료로의 상기 적어도 하나의 광경화성 재료의 주입을 감시하는 단계; 및

상기 분말 재료의 주입 또는 상기 감시에 응답하여 상기 이미징 디바이스의 선택적인 활성화 중 하나 이상을 제어하는 단계를 포함하는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 방법.

청구항 44

제43 항에 있어서,

상기 분말 재료의 주입을 감시하는 단계는 상기 주입의 시각적인 감시를 위한 하나 이상의 카메라들을 위치결정하는 단계를 포함하는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 방법.

청구항 45

제43 항에 있어서,

상기 분말 재료의 주입을 감시하는 단계는 주어진 분말 재료에 대한 주입에 대응하는 파장으로 교정되는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 방법.

청구항 46

제43 항에 있어서,

상기 분말 복합재 성분의 요망되는 경계에 대한 상기 퇴적된 분말 재료의 근접성을 측정하는 단계를 포함하며; 그리고

상기 이미징 디바이스를 선택적으로 활성화하는 단계는, 상기 광경화성 재료의 일부가 상기 분말 복합재 성분의 요망되는 형상을 달성하기 위해 조사되는 것을 조절하는 단계를 포함하는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 방법.

청구항 47

3차원 대상물을 제작하기 위한 방법으로서,

상기 방법은,

빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하는 단계;

상기 퇴적된 분말 재료의 일부분으로 적어도 하나의 광경화성 재료를 주입하는 단계; 및

재료의 단편 층(fractional layer)을 결합하기 위해 상기 퇴적된 분말 재료로 부분적으로 주입될 때, 상기 광경화성 재료의 일부분을 적어도 부분적으로 경화하는 단계를 포함하는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 방법.

청구항 48

제47 항에 있어서,

상기 광경화성 재료의 일부분을 적어도 부분적으로 경화하는 단계는, 상기 광경화성 재료의 일부가 경화되는 깊이를 제한하기 위해 하나 이상의 경화 매개변수들을 조절하는 단계를 포함하는,

3차원 대상물을 제작하기 위한 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [0001] 본 출원은 2017년 8월 2일자로 출원된, 미국 가특허 출원 일련 번호 제62/540,392호의 이익을 주장하고, 이 출원의 개시는 그 전체가 본원에 인용에 의해 포함된다.

[0002] [0002] 본원에 개시된 청구 대상은 일반적으로 대상물들의 임의 형상 제작(solid freeform fabrication)에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본원에 개시된 청구 대상은, 금속, 플라스틱, 세라믹, 및 재료의 하나 이상의 유형들의 조합들을 포함하는 복합 재료들로부터의 대상물들의 임의 형상 제작을 위한 시스템들, 디바이스들, 및 방법들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] [0003] 본원에서 설명되는 실시예들은 일반적으로, 금속, 플라스틱, 세라믹, 및 재료의 하나 이상의 유형들의 조합들을 포함하는 복합 재료들로부터의 대상물들의 임의 형상 제작을 위한 디바이스들 및 방법들에 관한 것이다.

[0004] [0004] 임의 형상 제작(solid freeform fabrication; SFF)으로서 또한 공지되는 적층 가공(additive manufacturing; AM), 3D 인쇄(3D printing; 3DP), 다이렉트 디지털 가공(direct digital manufacturing; DDM), 및 고체 이미징(solid imaging)은 점점 더 시각적으로 입증가능할뿐만 아니라 기능적인 부품들을 프로토타이핑(prototyping)하는 널리 채택된 방법이 되고 있다. 일부 예들에서, 이는 또한, 제조 가공을 위한 비용-효율적인 수단이 되고 있다. 디지털 모델들을 기초로 하여 컴포넌트들을 제조하기 위한 매우 다양한 수단들이 존재하며, 그리고 이들 모두는 완전한 설계 사이클을 위해 요구되는 시간 및 비용을 감소시키며, 이는 많은 산업들에서 혁신의 속도를 개선하였다.

[0005] [0005] 일반적으로, 임의 형상 제작(SFF)은 레이어와이즈(layerwise) 유형으로 성취되며, 여기서 디지털 모델은 수평 슬라이스들로 분할되며, 그리고 각각의 슬라이스는 빌드 표면 상에 2D 이미지로서 생성된다. 이러한 슬라이스들의 순차적인 제작은, 디지털 모델에 의해 나타나는 3차원 대상물을 전체적으로 구성하는 얇은 층들의 응집적인 수집을 발생시킨다. CNC(Computer Numerically Controlled) 기계가공, 사출 성형, 및 다른 수단들과 같은 통상적인 제작 기술들과는 대조적으로, 임의 형상 제작(SFF)은 제조 시간 및 비용을 현저하게 감소시켰고, 그리고, 예컨대, 통상적인 수단을 갖는 낮은 체적 제품은 대단히 비쌀 수 있는 연구 및 개발 목적들에 대해 광범위하게 채택되었다. 또한, 임의 형상 제작 디바이스들은 일반적으로, CNC 기계들과 비교될 때 작동하기 위해 보다 적은 전문 지식을 요구한다. CNC 기계들로부터 제조되는 개별적인 부품들의 비용은 일반적으로, 기계 작동의 보다 긴 설정 시간들 및 보다 높은 비용들로 인해 보다 높다. CNC-제조된 부품들은 종종, 임의 형상 제작-제조된 부품들보다 보다 강하고 그리고 보다 세밀하게 형성된 피처들(detailed features)을 가질 것이며, 이는 일부 적용들을 위해 CNC-제조된 부품들을 요망가능하게 만들 수 있다. 임의 형상 제작 기술들이 CNC-제조된 부품들의 해상도 및 기능성을 갖는 부품들을 제조할 수 있을 때까지, 임의 형상 제작의 용도는 제한된 상태로 유지될 것이다.

[0006] [0006] 분말 사출 성형(Powder Injection Molding; PIM)은, 다른 몰딩 방법들과 전통적으로 가능하지 않을 것인 재료들에서 높은 정밀도 컴포넌트들을 제조하는 수단으로서 광범위하게 채택되고 있는 대량 제조 기술이다. 분말은 사출 공급원료를 형성하기 위해 수지 결합제와 혼합되며, 이는 플라스틱 사출 성형과 유사하게 금형으로 사출된다. 제조된 부품은, "그린(green)" 부품으로 불리는 분말 복합재 부품이다. 그린 부품은 탈지(debinding)로 불리는 공정을 겪으며, 여기서 대부분의 결합제가 제거된다. 결과적인 부품은 "브라운(brown)" 부품으로 불린다. 그 후, 이러한 브라운 부품은, 분말 입자들이 함께 소결하는 것을 허용하기 위해 열 처리를 겪는다. 부품은 이러한 공정 동안 수축되고, 그리고 분말 입자들 사이의 공극들은 제거된다. 최종 결과는 거의 완전한 밀도를 갖는 부품이다. 추가적인 후-처리는 99.5% 밀도 초과를 달성하도록 활용될 수 있다.

[0007] [0007] 임의 형상 제작을 위한 가장 일반적인 기술들 중 일부는 SLA(stereolithography), SDM(selective

deposition modeling), FDM(fused deposition modeling), 및 SLS(selective laser sintering)을 포함한다. 이러한 접근법들은, 이 접근법들이 사용할 수 있는 재료들의 유형, 층들이 생성되는 방식, 제조된 부품들의 후속하는 해상도 및 품질들에서 변한다. 통상적으로, 층들은 원 재료 퇴적 방법에서, 또는 선택적인 재료 퇴적 방법에서 제조된다. 층 제조를 위한 원 재료 퇴적 방법을 채택하는 기술들에서, 층 이미징은 통상적으로 열적, 화학적, 또는 광학적 공정에 의해 성취된다. PIM 공정에서 이전에 설명된 그린 부품과 유사한 부품을 제조하도록 분말 베드(bed)로 결합제를 퇴적하기 위해 잉크젯 인쇄 헤드들(inkjet print heads)을 활용하는 하나의 기술, 결합제 제팅(jetting)이 존재한다. 이러한 그린 부품은 최종 컴포넌트를 제조하기 위해 동일한 방식으로 후-처리될 수 있다. 불운하게도, 그린 부품을 제조하는 공정에서의 결함들로 인해, 이러한 공정을 통해 제조된 최종 컴포넌트들은 종종 높은 정밀도 적용들을 위한 공차들을 충족하는데 실패한다. 또한, 결합제 제팅 공정의 정밀도 및 속도는 제한된다.

발명의 내용

[0008] [0008] 임의 형상 제작 및 연관된 방법들을 위한 디바이스의 실시예들은 다양한 적용들을 위한 컴포넌트들(예컨대, 플라스틱, 금속, 및 세라믹 부품들)의 제조에 대해 본원에 개시된다.

[0009] [0009] 일부 실시예들에서, 본원에 개시되는 임의 형상 제작 방법들 및 디바이스들은 디지털 모델의 3차원 고체 나타냄의 제조를 위해 재료의 층들을 수용하기 위한 표면, 빌드 재료의 요구되는 층들을 퇴적하기 위한 컴포넌트 또는 컴포넌트들, 및 디지털 모델에서 보유되는 데이터를 나타내는 단면들로 빌드 재료를 이미징하기 위한 컴포넌트 또는 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 빌드 재료는 미립자 재료(예컨대, 분말) 및 광경화성 수지 재료로 구성된다. 분말 전달 디바이스는 빌드 플랫폼으로 분말 재료를 운반하도록 구성되며, 광경화성 재료 공급 시스템은 빌드 플랫폼과 연통하고 그리고 퇴적된 분말 재료의 적어도 일부분으로 적어도 하나의 광경화성 재료를 운반하도록 구성되며, 그리고 이미징 디바이스는 분말 복합재 컴포넌트의 층을 적어도 부분적으로 고형화하기 위해 광경화성 재료를 선택적으로 조사하도록 구성된다. 빌드 표면에서의 미립자 재료들 및 광경화성 수지 재료들의 조합은 분말 복합재 부품들을 제조하는 데 사용되고 있는 이전에 언급된 디바이스들의 유동변형학적 제한들을 극복한다.

[0010] [0010] 또한, 일부 실시예들에서, 아래에서 설명되는 방법들 및 디바이스들은 빌드 재료들 중 하나로서 미립자 재료(예컨대, 세라믹, 플라스틱, 또는 금속)를 활용할 수 있다. 이러한 디바이스로부터 제조되는 부품들은, 빌드 공정이 인접한 입자들 사이의 접합을 용이하게 하기 위해 완료된 후 처리될 수 있다. 이러한 처리는 열적, 화학적, 및 압력 처리, 및 이들의 조합들을 포함하지만, 이에 제한된다. 이러한 제작 및 처리 공정의 결과들은 고체 금속 부품들, 고체 세라믹 부품들, 고체 플라스틱 부품들, 다공성 금속 부품들, 다공성 세라믹 부품들, 다공성 플라스틱 부품들, 고체 복합 플라스틱 부품들, 및 하나 이상의 유형들의 재료를 포함하는 복합 부품들을 포함한다(하지만, 이에 제한되지 않음).

[0011] [0011] 블레이드 기구를 통해 펼치는 것, 분말 계량 시스템(powder metering system) 및 블레이드 기구(blade mechanism)의 조합을 통해 펼치는 것, 분말 계량 시스템 및 롤러 기구의 조합을 통해 펼치는 것, 빌드 표면에 대한 퇴적이 뒤따르는 전달 표면 상의 정전기 퇴적, 및 빌드 표면에 대한 퇴적이 뒤따르는 롤러 기구로의 정전기 퇴적을 포함하는(하지만, 이에 제한되지 않음) 미립자 재료의 재료 퇴적은 수개의 수단들을 통해 달성될 수 있다. 광경화성 재료(예컨대, 수지)의 주입은 특화된 주입 빌드 플랫폼을 통해 구축되어 있는 컴포넌트의 본체에 걸친 주입을 통해 달성될 수 있다.

[0012] [0012] DLP 프로젝터와 같은 프로그래밍가능한 평탄 광원으로의 벌크 이미징(bulk imaging), 레이어 이미징(layer imaging)은 수개의 수단들을 통해 달성될 수 있으며, 여기서 굴절 픽셀 시프팅 시스템은 투사 시스템의 유효 해상도를 증가시키도록 활용된다.

[0013] [0013] 추가적으로, 일 양태에서, 임의 형상 제작 디바이스는, 미립자 재료 및 수지 재료로 구성되는 복합 대상물들이 주어진 3차원 대상물을 나타내는 디지털 데이터로부터 제조될 수 있도록 제공된다.

[0014] [0014] 다른 양태에서, 재료의 층들의 제조를 위한 벌크 퇴적 기술들을 활용하는 임의 형상 제작 디바이스가 제공된다.

[0015] [0015] 다른 양태에서, 재료의 복합 층들의 제조를 위한 광경화성 수지 재료와 미립자 재료를 조합하는 임의 형상 제작 디바이스가 제공된다.

[0016] [0016] 다른 양태에서, 매우 다양한 재료 조합들의 사용을 가능하게 하기 위해 재료 성분들의 상호교환가능성을

허용하는 임의 형상 제작 디바이스가 제공된다.

[0017] [0017] 다른 양태에서, 주입 빌드 플랫폼을 통해 분말 층들의 인시츄(in situ) 주입을 통해 복합 층들의 제조를 달성하는 임의 형상 제작 디바이스가 제공된다.

[0018] [0018] 다른 양태에서, 임의 형상 제작 디바이스로부터 제조되는 대상물들은 재료 성분의 내부 접착을 개선하기 위해 열적으로, 화학적으로, 또는 기계적으로 처리될 수 있다.

[0019] [0019] 다른 양태에서, 처리는 유체 챔버에서의 가압, 용매에 대한 노출, 미립자 재료의 접합을 용이하게 하기 위한 온도의 상승, 빌드 공정으로부터 유도되는 내부 응력들을 완화하기 위한 온도의 상승, 또는 주요 미립자 재료보다 더 낮은 용융점을 갖는 세라믹 및/또는 금속 재료를 포함할 수 있는 제3의 재료로의 주입이 뒤따르는 미립자 재료의 부분적인 소결을 포함할 수 있다.

[0020] [0020] 다른 양태에서, 피드백 시스템은 재료 퇴적의 속도를 최적화하는 데 사용될 수 있다.

[0021] [0021] 다른 양태에서, 분말 계량 시스템은 재료의 퇴적의 속도를 최적화하기 위해 피드백 시스템과 함께 사용될 수 있다.

[0022] [0022] 청구 대상의 추가적인 특징들은 첨부 도면들과 연계하여 취해지는 본 발명의 하기의 상세한 설명으로부터 더 쉽게 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0023] [0023] 대상 발명의 바람직한 실시예들은 도면들을 참조로 하여 이후에 설명될 것이다.

[0024] [0024] 도 1은 현재 개시되는 청구 대상의 실시예에 따라 임의 형상 제작을 위한 기계의 입면 사시도이다.

[0025] [0025] 도 2는 도 1의 기계에서 묘사되는 바와 같이 분말 퇴적 모듈의 입면 사시도이다.

[0026] [0026] 도 3은 도 2의 모듈의 분해도이다.

[0027] [0027] 도 4는 도 2의 모듈의 위로부터의 사시 단면도이다.

[0028] [0028] 도 5a는 제1 구성으로의 도 2의 모듈에 사용되는 분말 계량 시스템(powder metering system)의 개략도이다.

[0029] [0029] 도 5b는 제2 구성으로의 도 2의 모듈에 사용되는 분말 계량 시스템의 개략도이다.

[0030] [0030] 도 6은 도 2의 모듈의 아래로부터의 사시 단면도이다.

[0031] [0031] 도 7은 도 1에서의 기계에서의 사용을 위한 분말 퇴적 모듈의 대안적인 실시예의 위로부터의 사시도이다.

[0032] [0032] 도 8은 도 2의 모듈의 제2 실시예의 개략도이다.

[0033] [0033] 도 9는 도 2의 제3 실시예의 개략도이다.

[0034] [0034] 도 10은 도 2의 모듈의 제4 실시예의 개략도이다.

[0035] [0035] 도 11은 도 2의 모듈의 제5 실시예의 개략도이다.

[0036] [0036] 도 12는 도 1의 기계의 빌드 플랫폼(build platform)의 입면 사시도이다.

[0037] [0037] 도 13은 도 12의 빌드 플랫폼의 아래로부터의 사시도이다.

[0038] [0038] 도 14는 도 12의 빌드 플랫폼의 분해도이다.

[0039] [0039] 도 15는 도 12의 빌드 플랫폼의 단면도이다.

[0040] [0040] 도 16은 도 12의 빌드 플랫폼의 수지 분배 컴포넌트의 입면 사시도이다.

[0041] [0041] 도 17은 도 1의 기계의 투사 모듈의 입면 사시도이다.

[0042] [0042] 도 18은 도 17의 투사 모듈의 픽셀 시프트 시스템의 골격도이다.

[0043] [0043] 도 19는 도 17의 투사 모듈의 제2 실시예의 입면 사시도이다.

[0044] 도 20은 제1 구성의 도 17의 투사 모듈의 디지털 마이크로미러 디바이스 컴포넌트(Digital Micromirror Device component)의 입면 사시도이다.

[0045] 도 21은 제2 구성의 도 17의 투사 모듈의 디지털 마이크로미러 디바이스 컴포넌트의 입면 사시도이다.

[0046] 도 22는 도 17의 투사 모듈의 디지털 마이크로미러 디바이스 컴포넌트의 제2 실시예의 입면 사시도이다.

[0047] 도 23은 제1 구성의 도 20의 디지털 마이크로미러 디바이스에 대응하는 이미징 구역의 평면도이다.

[0048] 도 24는 제2 구성의 도 20의 투사 모듈의 디지털 마이크로미러 디바이스에 대응하는 이미징 구역의 평면도이다.

[0049] 도 25는 제3 구성의 도 20의 디지털 마이크로미러 디바이스 컴포넌트에 대응하는 이미징 구역의 평면도이다.

[0050] 도 26a는 도 1의 기계로 제조될 수 있는 컴포넌트의 입면 사시도이다.

[0051] 도 26b는 도 26a의 컴포넌트의 아래로부터의 사시도이다.

[0052] 도 27은 도 26a의 컴포넌트의 제1 섹션의 제작에 대응하는 이미징 구역의 평면도이다.

[0053] 도 28은 도 26a의 컴포넌트의 제2 섹션의 제작에 대응하는 이미징 구역의 평면도이다.

[0054] 도 29는 도 26a의 컴포넌트의 제3 섹션의 제작에 대응하는 이미징 구역의 평면도이다.

[0055] 도 30a는 제2 구성의 도 26a의 컴포넌트의 입면 사시도이다.

[0056] 도 30b는 도 30a의 컴포넌트의 단면도이다.

[0057] 도 31은 제1 구성의 도 1의 기계에서 구현되는 공정에서 정밀도를 증가시키는 공정의 개략도이다.

[0058] 도 32는 제2 구성의 도 1의 기계에서 구현되는 공정에서의 정밀도를 증가시키는 밀도의 개략도이다.

[0059] 도 33은 도 1의 기계에서 구현되는 공정에서 재료를 이미징하는 대안적인 방법을 포함하는 이미징 시스템이다.

[0060] 도 34는 도 33의 시스템과 관련하여, 도 17의 투사 모듈의 대안적인 실시예이다.

[0061] 도 35는 도 1의 기계의 아래로부터의 사시도이다.

[0062] 도 36은 도 19의 투사 모듈에 대한 오차 보정의 방법을 묘사하는 알고리즘 흐름도(algorithmic flow chart)이다.

[0063] 도 37은 상이한 분말 재료들에 도 1의 시스템을 자동으로 적응시키는 방법을 묘사하는 알고리즘 흐름도이다.

[0064] 도 38은 분말 퇴적 공정에서 결함들을 보상하기 위한 오차 보정의 방법을 묘사하는 알고리즘 흐름도이다.

[0065] 도 39는, 제1 구성의 개선된 시스템 처리량을 용이하게 하기 위해 지지 재료를 수반하는 도 1의 기계의 빌드 공정의 위로부터의 사시도이다.

[0066] 도 40은, 제2 구성의 개선된 시스템 처리량을 용이하게 하기 위해 지지 재료를 수반하는 도 1의 기계의 빌드 공정의 위로부터의 사시도이다.

[0067] 도 41a는 도 40에 구축되어 있는 부품의 위로부터의 사시도이다.

[0068] 도 41b는 도 40에 구축되어 있는 부품의 아래로부터의 사시도이다.

[0069] 도 42는 도 40에 구축되어 있는 부품들을 핸들링하기 위한 자동화 시스템의 위로부터의 사시도이다.

[0070] 도 43은 도 40에 구축되어 있는 부품들로부터 제거가능한 피처들을 제조하는 방법의 개략도이다.

[0071] 도 44a는 후-처리시에 활용되는 벡터들(vectors)을 갖는 도 41a의 부품의 위로부터의 사시도이다.

[0072] 도 44b는 도 44a의 부품의 아래로부터의 사시도이다.

[0073] 도 45는 도 1의 기계로 구축될 수 있는 부품들의 세트 및 지지 재료의 위로부터의 사시도이다.

[0074] 도 46은 도 45의 부품들 및 지지 재료의 분해도이다.

[0075] 도 47은 도 45의 지지 재료의 하나의 섹션의 위로부터의 사시도이다.

[0076] 도 48은 분말 계량 시스템의 다른 실시예의 입면 사시도이다.

[0077] 도 49는 도 48의 시스템의 제1 단면도이다.

[0078] 도 50은 도 48의 시스템의 제2 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] [0079] 수지 주입된 분말 리소그래피(Resin Infused Powder Lithography; RIPL)는, 약 3개의 필수적인 공정들(:분말 퇴적, 분말 주입, 및 이미징)에 기초되는 기술이다. 도 1은 분말 퇴적 모듈(100), 분말 주입 플랫폼(200), 및 다수의 투사 모듈들(300)로 구성될 수 있는 이미징 시스템을 포함하는 이러한 기술에 기초되는 임의 형상 제작(SFF)를 위한 기계(400)를 도시한다. 분말 퇴적 모듈이 플랫폼(200)을 횡단함에 따라 분말을 퇴적하는 분말 퇴적 모듈(100)은, 예컨대, 선형 액추에이터들(410, 412)을 통해, 분말 주입 플랫폼(200)에 걸쳐 이동한다. 플랫폼(200)은, 예컨대 수직 액추에이터들(402, 404, 406, 408)에 의해 하강되어서, 재료의 후속하는 층들은 3차원 대상물을 빌드 업하기(build up) 위해 퇴적될 수 있다. 공급 시스템으로부터 운반되는 광경화성 재료, 예컨대, 수지는 주입 플랫폼(200)을 통해 퇴적되는 분말의 적어도 일부분으로 주입되며, 그리고 광경화성 재료는, 분말 복합재 컴포넌트의 층을 적어도 부분적으로 고형화하기 위해 투사 모듈들(300)로부터 발산되는 광을 사용하여 선택적으로 조사된다(irradiated). 이는 레이어와이즈 유형(layerwise fashion)으로 부품을 구축하며, 이의 상세들은 이후에 자세히 설명될 것이다.

[0025] [0080] 도 2 내지 도 4는 보다 상세히 분말 퇴적 모듈(100)을 묘사한다. 모듈(100)은 분말(116)이 분배될 수 있는 분말 호퍼(powder hopper)(102)로 구성된다. 일부 실시예들에서, 분말은 호퍼(102)로부터 모듈(100)의 길이를 따라 분말(116)을 분배하도록(예컨대, 실질적으로 고르게 분산되도록) 구성되는 분말 계량 매니폴드(106)로 빼내어진다. 일부 실시예들에서, 분말 매니폴드(106)는 제1 방향으로 선형으로 연장하고, 그리고 플랫폼(200) 상에 분말 재료의 층을 분배하기 위해 제2 방향으로, 예컨대, 실질적으로 제1 방향에 대해 수직으로 병진운동하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 예를 들어, 회전 액추에이터(104)에 의해 구동되는 분말 분배 스크류(110)는 호퍼(102) 및 매니폴드(106)와 연통하게 위치결정된다. 도 4에서 상세히 알 수 있는 바와 같이, 분말 분배 스크류(110)는 분말(116)을 호퍼(102)로부터 분말 계량 매니폴드(106)로 가져온다.

[0026] [0081] 도 5a 및 도 5b는, 분말(116)이 매니폴드(106)로부터 계량되는 방식을 도시한다. 매니폴드(106)는, 여기서, 분말 재료를 빌드 플랫폼으로 운반하도록 구성되는 2개의 평행한 평면 표면들(120, 122)에 의해 규정되는 하나 이상의 좁은 경로들을 포함할 수 있다. 통상적으로, 분말(116)이 이러한 종류의 좁은 갭을 통해 유동될 때, 아치부(124)가 형성되며 그리고/또는 그렇지 않으면, 분말의 움직임이 (예컨대, 정전기력, 반데르발스 힘, 또는 응집을 유발시킬 수 있는 다른 힘 또는 다른 수단을 통해) 저해되고, 그리고 유동이 중단된다. 유동 경로의 규정 표면들(120, 122)이 기계식으로 자극된다면(예컨대, 도 5b에서 도시되는 바와 같이, 측방향으로 진동된다면), 이는 아치부(124)를 방해하고 그리고 분말(116)이 자유롭게 유동하는 것을 유발한다. 대안적으로, 또는 부가적으로, 그렇지 않으면, 분말은 매니폴드를 통한 유동을 자극하기 위해 교반될(agitated) 수 있다. 임의의 구성에서, 이러한 종류의 기계적인 자극은 분말 유동을 턴 온하고 그리고 턴 오프하기 위해 기구를 제공한다. 이러한 점에서, 일부 실시예들에서, 분말(116)은 매니폴드(106)로부터 제어가능하게 계량될 수 있다. 특별히, 일부 실시예들에서, 하나 이상의 매니폴드 액추에이터들(112)은, 분말 재료가 각각의 하나 이상의 좁은 경로들을 통해 유동하는 것을 유발하기 위해 하나 이상의 좁은 경로들 중 적어도 하나에서 또는 이에 가까이에서 분말 재료를 교반함으로써 매니폴드로부터 분말의 분배를 제어하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 분말 축적 센서들(powder accumulation sensors)(114)은 이러한 교반에 대한 피드백 소스로서 사용될 수 있다. 도 6은 분말 퇴적 모듈(100)의 대안적인 도면을 도시한다. 매니폴드 액추에이터들(112)은 분말(116)의 자유로운 유동을 허용하기 위해 이전에 설명된 기계적인 자극(예컨대, 측방향 진동)을 생성하도록 작동될 수 있다.

[0027] [0082] 모듈(100)이 분말의 층을 퇴적함에 따라, 일부 경우들에서, 매니폴드(106)로부터 나오는 분말은 균일한 층이 아닐 수 있다. 피드백 시스템은, 분말이 퇴적됨에 따라 분말의 축적을 측정하기 위해 제공될 수 있으며, 그리고 분말 계량 시스템은 피드백 시스템으로부터 수신되는 입력에 기초하여 분말 재료의 분배를 변경하도록 제어될 수 있다. 일부 실시예들에서, 레벨링 디바이스는 분말 주입 플랫폼(200)으로 운반되는 분말 재료를 평

면화하는 데 사용된다. 예를 들어, 닥터링 블레이드(doctoring blade)(118)는 층 치수들 및 평탄도를 조정하는 데 사용될 수 있다. 분말(116)은 이러한 공정 동안 블레이드(118) 상에 축적될 수 있으며, 그리고 이러한 축적은 축적 센서들(114)에 의해 감지될 수 있다. 이러한 배열은, 액추에이터들(112)에 의해 매니폴드(106)가 겪는 자극의 정도를 조정하기 위해 피드백 기구로서 작용한다. 블레이드(118) 상의 최소 빌드업은 퇴적 속도를 최적화하기 위해 그리고 블레이드(118) 상에 마모를 최소화하기 위해 요망가능하다. 이러한 피드백 기구는 전도성 분말의 근접성의 정전식 감지(capacitive sensing), 접촉-기초된 감지, 또는 주어진 재료의 존재를 검출하는 임의의 다른 공지된 방법에 기초될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 블레이드(118)는 일반적으로, 퇴적된 분말의 층을 조정하는 반대-회전 롤러 또는 임의의 다른 공지된 수단에 의해 대체될 수 있다.

[0028] [0083] 도 7은, 분말 분배 매니폴드(126)와 연통하는 다수의 바늘형 노즐들(128)을 활용하는 필수적인 차이를 갖는, 분말 퇴적 모듈(100)의 대안적인 실시예를 도시한다. 이는, 평면 퇴적 구조물보다는 오히려, 분말의 다수의 라인들을 퇴적할 것지만, 닥터링 블레이드(118), 반대-회전 롤러, 당 분야에서 경험되는 것에 대해 공지된 다양한 다른 수단들 중 임의의 수단에 의해 분말의 균일한 층으로 변환될 수 있다.

[0029] [0084] 이러한 실시예들은 대표적인 예들로서 의도되고 그리고 본 개시의 폭(breadth)을 제한하지 않아야 한다. 일반적으로, 이러한 개시는, 개구 자체가 분말 유동 밸브를 제공하거나 개구가 분말 유동 밸브를 제공함에 따라 이러한 대상물로 차단되도록 구조화되는 세장형 개구를 갖는 임의의 용기의 사용을 포함하는 것으로 의도되며, 여기서 분말 유동 밸브는, 방해되지 않거나 부적합하게 자극될 때 분말 유동을 차단하고 그리고 적합한 기계적 자극을 받을 때 분말 유동을 허용하는 임의의 유동 경로이며, 그리고 이러한 용기를 갖는 빌드 표면의 횡단은 분말의 층을 제조하기 위한 수단을 제공한다. 이를 위해, 제3 실시예는, 메쉬 스크린(mesh screen)에 의해 커버되는 저부에서 세장형 슬롯을 갖는 분말 용기의 사용을 포함할 수 있으며, 여기서 메쉬 스크린의 애퍼처들은, 적합한 기계적인 자극이 제공될 때까지 분말 유동을 차단하도록 적합하게 크기가 정해진다. 이러한 실시예는, 이 실시예가 분말 밸브 시스템으로서 적합한 크기의 복수의 애퍼처들을 사용한다는 점에서, 이전에 설명되는 바늘 시스템의 연장이다.

[0030] [0085] 도 8 내지 도 11은 이전에 논의된 바와 같이 재료 퇴적의 작동 속도를 증가하는 다수의 수단들을 묘사한다. 여기서, 이전에 논의된 컴포넌트들의 개략도들이 사용된다. 다수의 분말 퇴적 모듈들(130, 142, 144)은 연속적으로 분말의 층들(134, 136, 138)을 퇴적하는 데 사용될 수 있으며, 이들의 퇴적 공정들은 전체적인 시스템 작동 속도를 증가하기 위해 중첩한다.

[0031] [0086] 도 8은 각각의 층의 두께를 수용하기 위해 상이한 높이들의 퇴적 모듈들(130, 142, 144)을 갖는, 순서대로 퇴적되는 다수의 층들을 도시한다. 이는 시스템 작동 속도를 개선할 것이지만, 퇴적 모듈들(130, 142, 144)을 위한 수평 및 수직 모두의 모션 제어를 가능하게 요구하는 단점을 갖는다.

[0032] [0087] 주입의 대안적인 수단들이 이전에 언급되어 있고 그리고 부가의 도면들로 논의될 것이지만, 도 9는 수지를 분말로 주입하는 하나의 수단을 도시한다. 스프레이 모듈들(132, 146, 148)은 분말 기판을 향해 수지의 액적을 배출하는 데 사용될 수 있어, 수지와 함께 분말을 완전히 효과적으로 주입한다. 이러한 방법에서, 수지의 액적들은, 일렉트로웨팅(electrowetting)이 주입 공정을 더 신속히 처리하는 것을 용이하게 하기 위해 정전식으로 충전될 수 있다. 일부 실시예들에서, 분말 퇴적은 유체 매체(예컨대, 극성 용매)에서 분말 입자들의 휘발성 현탁액에 의해 달성될 수 있으며, 여기서 유체는 분말을 주입하는 데 사용되는 수지 결합제(resin binder)와 혼합되지 않으며, 그리고 유체는 (예컨대, 1초 이하 내에서) 다음의 퇴적을 즉시 증발시켜, 분말 입자들을 남겨둔다. 이러한 현탁액은 압출 또는 스프레이 방법을 통해 퇴적될 수 있다.

[0033] [0088] 도 10은 다수의 퇴적 모듈들(130, 142, 144)을 사용하는 대안적인 수단을 도시한다. 이러한 구현에서, 빌드 플랫폼의 모션은 퇴적 모듈들(130, 142, 144)의 측방향 모션과 동기화되도록 빌드 플랫폼(140)이 하방으로 이동하면서, 층들이 제조된다. 이는, 대각 층들을 제조하지만, 퇴적 모션들(130, 142, 144)의 수직 가동을 요구하지 않는다. 구현에서, 이미징 방법들은 제작되고 있는 부품에 관한 재료의 포지션을 보상하도록 구현될 수 있다.

[0034] [0089] 도 11은 분말 퇴적의 부가적인 수단을 도시하며; 정전기 분말 롤러(150)는 빌드 플랫폼(140) 상에 분말을 퇴적하는 데 사용될 수 있다. 일반적으로, 분말은, 분말을 빌드 플랫폼(140)으로 전달하기 전에 롤러(150)에 정전기식으로 적용될 것이다. 분말로 롤러(150)를 코팅하는 것은 플랫폼(140) 상에 분말을 퇴적하면서 별도로 또는 동기식으로 이루질 수 있다. 정전기 분말 전달은 일반적으로, 특정한 재료를 핸들링하는 높은 속도, 높은 정밀도 방법으로서 인식된다.

[0035] [0090] 정전기 분말 전달을 활용할 때, 표면 전하가 입자 조작의 주요한 수단이기 때문에, 비전도성 재료들을 사용하는 것이 일반적으로 보다 간단하다. 금속 분말이 이러한 시스템에서 활용된다면, 정전기 퇴적을 용이하게 하는 데 사용될 수 있는 수개의 방법들이 존재한다. 중합체 코팅은 퇴적 전에 금속 분말 입자들에 적용될 수 있으며, 따라서 표면 전하들이 적용될 수 있는 절연 표면을 제공한다. 이러한 코팅은 후-처리 동안 제거될 수 있다. 부가적으로, 분말 입자들은 절연성이 있고 그리고 정전기 분말 전달을 허용하는 표면에서 산화 층을 제조하도록 산화될 수 있다. 환원 분위기, 또는 다른 환원 수단에서의 열 처리는, 분말 퇴적이 발생한 후에 이러한 산화 층을 제거하는 데 사용될 수 있다. 산화 층을 제거하는 하나의 부가의 방법은 산화 층과 반응하고 그리고 주입 동안 산화 층을 제거하는 산성 수지의 사용일 수 있다.

[0036] [0091] 임의의 구현에서, 전기 전하는, 전기 전하가 주입 공정을 신속히 처리하기 위해 일렉트로웨팅 거동을 용이하게 하기 위해 퇴적됨에 따라 분말에 적용될 수 있다. 이는 일반적으로 전도성 분말과 기능할 것이지만, 또한 절연 분말 및 전도성 수지와 사용될 수 있다.

[0037] [0092] 도 12 내지 도 16은 분말 주입 플랫폼을 도시한다. 이는 3차원 대상물이 구축되는 플랫폼이다. 예시된 구성에서, 플랫폼은 베이스(202), 다공성 작동 표면(204), 유동 제어 액추에이터들(206, 208, 210), 유동 억제기들(214, 216, 218), 및 수지 입력 매니폴드(212)로 구성된다. 분말이 작동 표면(204)에 퇴적된 후에, 수지가 수지 입력 매니폴드(212)에 공급된다. 그 후, 수지는 3개의 포트들(220, 222, 224)을 통해 베이스(202)의 3개의 영역들로 유동할 수 있다. 일부 실시예들에서, 3개의 포트들(220, 222, 224)을 통한 유동은 3개의 유동 억제기들(214, 216, 218)에 의해 제어된다. 유동 억제기들(214, 216, 218)의 포지션은 3개의 유동 제어 액추에이터들(206, 208, 210)에 의해 제어될 수 있다. 베이스(202)는, 베이스(202) 내의 나머지 체적 중 대부분이 개방된 상태로 남겨지면서, 작동 표면(204)을 지지하는 핀 피처들의 어레이를 가져, 작동 표면(204)의 모든 구역들로의 수지의 자유로운 유동을 허용한다. 이러한 점에서, 핀 피처들은 베이스(202)를 통한 수지의 분산을 억제하지 않고 작동 표면(204)에 구조적 안정성을 제공한다. 도 12 내지 도 16에 예시되는 특정한 실시예들에서, 예를 들어, 베이스(202)는, 3개의 포트들(220, 222, 224) 중 하나와 각각 연관되는 3개의 큰 개방 공동들(large open cavities)을 효과적으로 제공한다.

[0038] [0093] 이러한 배열은 수지 유동을 제어하기 위해 멀티-채널 바늘 밸브 시스템으로서 기능한다. 3개의 구별되는 유체 경로들은 여기서 도시되지만, 임의의 수는 일반적으로, 작동 표면(204)으로 제어된 방식으로 수지를 공급하는 임의의 구성으로 구현될 수 있다. 3개의 입력 포트들(220, 222, 224)에서 수지의 유동에 대응하는 작동 표면(204) 및 베이스(202)의 3개의 영역들이 대체로 분리되지만, 베이스(202)의 구조물은 일반적으로, 독립적으로 제어되는 유동의 혼합 영역들을 허용하도록 설계될 수 있다. 유동은, 이러한 구현에서와 같이, 다수의 모듈레이팅 밸브들(modulating valves)을 갖는 단일 소스에 의해 제어될 수 있거나, 임의의 수의 펌핑 소스들 및 모듈레이팅 밸브들을 활용할 수 있다. 또한, 수지 소스가 대기압으로 유지되는 반면, 진공 압력이 빌드 구역에 적용될 수 있다. 모듈레이팅 밸브들이 빌드 공정 내에 정밀한 영역들에서 유동을 제어하지만, 이러한 차압이 수지 유동을 제공하는 주요 수단일 수 있다. 추가적으로, 높은 정밀도 제작을 위해 사용되는 작은 분말들이 교반될 때 분말 퇴적을 자체-에어로졸화하는 경향을 가지기 때문에, 빌드 구역 내의 진공의 사용은 분말 퇴적을 도울 수 있다. 추가적으로, 수지는 작동 체적에 대해 외부에 있는 공급 호퍼를 통해 중력으로 이송될(gravity-fed) 수 있다. (중력으로 이송되는 베슬의 높이로부터 유도되는) 정압, 진공 압력, 및 펌프 시스템을 통해 적용되는 압력은 빌드 공정에서 수지를 운반하기 위해 임의의 조합으로 사용될 수 있다.

[0039] [0094] 특정한 구성과 관계없이, 작동 표면(204)은 다공성이고, 그리고 수지가 작동 표면을 통해 그리고 작동 표면 상에 퇴적되는 분말 층으로 유동하는 것을 허용한다. 이러한 수지는 광으로 경화될 수 있어, 3차원 대상물을 구축하기 위해 특정한 기하학적 형상으로 분말을 고정시킨다. 수지를 경화하고 그리고 레이어와이즈 유형으로 대상물을 구축하는 정밀 수단은 더 상세히 설명될 것이다. 일반적으로, 이러한 플랫폼 시스템의 일부 또는 모두는, 팔레트식(palletized) 제작을 용이하게 하기 위해 제작 장치로부터 제거가능할 수 있으며, 여기서, 다른 빌드 공정이 수행되고 있으면서, 하나의 빌드 공정의 결과들은 후-처리될 수 있다.

[0040] [0095] 이전에 논의된 모든 실시예들에서, 제작 공정은 분말 퇴적의 단계들 및 광경화가능한 수지로의 분말 주입을 포함한다. 분말 및 광경화성 수지의 조합은, 사용되고 있는 분말의 광학 특성들에 따라, 이러한 수지의 조성에 대한 일부 제한들을 배치한다. 일반적으로, 복합 재료로의 광학적 관통은, 분말의 존재가 광학적 억제기로서 주어지는 종래의 스테레오리소그래피(stereolithography) 수지들에서보다 더 낮을 것이다. 광경화성 재료의 경화를 개선하기 위해, 일부 실시예들에서, 광경화성 재료는 적어도 반응성 모노머 또는 올리고머(oligomer)를 포함하는 적어도 하나의 수지 재료를 포함하며, 그리고 광경화성 재료는, 조사(irradiation)에 의해 자극을 겪을 때 모노머 또는 올리고머 성분을 중합하기 위해 구성되는 광개시제(photoinitiator)를 더 포함

할 수 있다. 이러한 시스템과 사용되는 수지들은 일반적으로, 아크릴레이트들, 폴리에틸렌의 모노머들 및/또는 올리고머들, 폴리프로필렌의 모노머들 및/또는 올리고머들, 또는 다른 것들을 포함하는(하지만, 이에 제한되지 않음) 수개의 유형들 중 임의의 유형의 모노머를 보유할 수 있다. 이러한 시스템과 사용되는 수지들은 자유 라디칼 및/또는 양이온 중합 반응을 개시하기 위해 광개시제들을 활용할 수 있지만, 금속의 사용시에, 분말들은 마찬가지로, 1%보다 더 큰 광개시제들의 질량 농도를 포함할 것이며, 이 광개시제들은 광학적 억제제로서 분말의 존재를 보상하는 것을 도울 수 있다. 일부 실시예들에서, 예를 들어, 광개시제의 질량 농도는 약 1% 내지 약 50%일 수 있다. 일부 특정한 실시예들에서, 질량 농도는 약 3% 내지 약 35%의 범위의 질량 농도들은, 최대화 분말 체적 사이의 균형을 제공하고 그리고 자유 라디칼의 개시 및/또는 양이온 중합을 개선하는 약 5% 내지 20%의 범위들로 분말에 의해 광학적 억제를 극복하는 데 효과가 있는 조성을 제공한다.

[0041] [0096] 많은 경우들에서, 고체 대상물로 분말을 소결함으로써 이러한 방법을 사용하여 구축되는 부품들을 처리하는 것이 요망가능하다. 이러한 예들에서, 첨가제들은 후-처리를 돕기 위해 수지 형성시에 포함될 수 있다. 고체 모놀리스형 컴포넌트, 예컨대 MIM(Metal Injection Molding)로 분말 복합재 부품을 소결하기 위해 열적 후-처리를 사용하는 다른 복합 제작 공정들에서, 부품이 소결되기 전에, 대부분의 결합제가 제거되는 탈지(debinding) 단계가 종종 존재한다. 이러한 탈지 공정들은 통상적으로 3개의 방법들(:촉매 탈지, 용매 탈지, 또는 열 탈지) 중 하나를 수반한다.

[0042] [0097] 촉매 탈지 공정에서, 수지 재료는, 촉매 분해 공정을 사용하여 제거가능한 컴포넌트를 포함하며, 그리고 광경화성 재료 일반적으로 또는 반응성 모노머 또는 올리고머는 특히, 촉매 분해 공정에서 사용되는 촉매와 반응성이 없다.

[0043] 일부 실시예들에서, 질산 증기는, 통상적으로, 아세탈 호모폴리머 및 올레핀으로 구성되는 하이브리드 결합제의 하나의 성분을 제거하는 데 사용된다. 아세탈은 질산에 의해 제거되며, 소결 동안 제거될 수 있는 올레핀 결합제를 남겨둔다. 용매 탈지 공정에서, 수지 재료는 광경화성 재료가 가용성이 아닌 용매에 가용성인 성분을 포함한다. 일부 실시예들에서, 하이브리드 결합제는 다시 사용되며, 여기서 하나의 성분은, 탈지 동안 이러한 성분을 제거하는 특정한 용매에 가용성이다. 이러한 방법의 일반적인 구현은 아세탈 및 PEG(polyethylene glycol)의 혼합물이다. PEG는 물에서 가용성이고 그리고 통상적으로 탈지 동안 고온 워터 배스(water bath)에 제거된다. 열 탈지 공정에서, 수지 재료는 일반적으로 광경화성 재료의 제2 용융점보다 더 낮은 제1 용융점을 가지는 부가 성분을 포함하며, 그리고 공정은 제1 용융점 초과인 온도에서 수행된다. 일부 실시예들에서, 하이브리드 결합제가 다시 활용되며, 여기서 하나의 성분은 통상적으로, 탈지 공정 동안 멜팅 아웃될(melted out) 수 있는 낮은 용융점 왁스(wax)이다. 일반적으로, 2개의 성분들이 상당히 상이한 용융점들을 가지는 임의의 이성분계 결합제(binary binder system)는 열 탈지 시스템을 위해 사용될 수 있다.

[0044] [0098] 이전의 실시예들 중 임의의 실시예에서 활용되는 공정에서, 유사한 하이브리드 재료들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 아세탈의 모노머들 또는 올리고머들은, 질산 증기를 사용하여 인쇄된 성분으로부터 부분적으로 제거될 수 있는 하이브리드 재료를 제조하기 위해, 아크릴레이트 수지 혼합물 내로 포함될 수 있다. 일반적으로, 적어도 광개시제, 반응성 광중합체의 모노머들 및/또는 올리고머들, 및 촉매 분해 공정으로 제거될 수 있는 다른 성분을 포함하는 임의의 재료 혼합물은 이러한 방법을 사용하여 탈지하는 것에 대해 효과적일 수 있다. 제작 시스템의 작동 온도에서 액체이고 그리고 촉매 분해가 발생할 수 있는 온도에서 고체인 성분과 함께, 액체 촉매 분해에 취약한 광중합체를 사용하는 것이 또한 가능할 수 있다.

[0045] [0099] 유사하게는, 적어도 광개시제, 반응성 광중합체의 모노머들 및/또는 올리고머들, 및 경화된 광중합체가 가용성이 아닌 특정한 용매에서 가용성인 다른 성분으로 구성되는 하이브리드 재료는 용매 탈지 공정에서 처리될 수 있는 성분들을 제조하는 데 사용될 수 있다. 또한, 특정한 용매에서 가용성인 광중합체는 제작 시스템의 작동 온도에서 액체이고 그리고 용매 탈지가 발생하는 온도에서 고체인 성분과 함께 사용될 수 있다.

[0046] [0100] 유사하게는, 적어도 광개시제, 반응성 광중합체의 모노머들 및/또는 올리고머들, 및 경화된 광중합체보다 더 낮은 용융 온도를 가지는 다른 성분으로 구성되는 하이브리드 재료는 열 탈지 시스템에서 사용될 수 있으며, 여기서 제작 공정은 부가 성분의 용융점보다 더 높은 온도에서 동작되며, 그리고 과도한 재료는 핸들링 및 추가의 후-처리를 위해 제작된 부품의 온도를 하강시키기 전에 제거된다.

[0047] [0101] 도 17은 투사 모듈(300)을 묘사한다. 모듈은, 베이스(304) 상에 장착되는, 디스플레이 유닛(302), 콜리메이션 렌즈(collimation lens)(306), 굴절 픽셀 시프터들(refractive pixel shifters)(308, 310), 및 디콜리메이션 렌즈들(decollimation lens)(312)로 구성된다. 도 18에서 개략적으로 도시되는 바와 같이, 디스플레이 유닛(302)은 단일 점으로부터 명목상 발산하는 다수의 픽셀들로 구성되는 이미지를 투사한다. 이러한 픽셀들을

형성하는 빔은, 모든 빔들이 평행하도록 콜리메이션 렌즈(306)에 의해 콜리메이팅된다. 이러한 평행 빔들은 굴절 픽셀 시프터(308)를 특정된 각도로 회전함으로써 극도로 높은 정밀도로 시프팅될 수 있다. 둘러싸는 매체보다 더 높은 굴절율의 대상물을 통과하는 광이 이 대상물의 굴절률, 두께 및 각도 포지션에 의해 측방향으로 시프팅될 것인 것이 공지되어 있으며; 표준 반사 픽셀 시프팅 시스템들과는 대조적으로, 이러한 시스템 투사 표면 상에 픽셀들의 변위시에 나노-스케일 정밀도를 용이하게 달성할 수 있다. 이러한 시스템은 임의의 이전의 이미징 시스템보다 상당히 더 큰 정도로 초고정밀도 디지털 제작(ultra-high precision digital fabrication)을 가능하게 한다. 도 17에서 예시되는 실시예에서, 투사 시스템(300)은, 이미지가 투사 평면 내에 임의의 양으로 시프팅될 수 있도록 2개의 픽셀 시프터들(308, 310)을 사용한다. 제1 굴절 픽셀 시프터(308)는 제1 회전 축선을 중심으로 선회가능할 수 있으며, 제2 굴절 픽셀 시프터(310)는 제1 회전 축선과 상이한 제2 회전 축선을 중심으로 선회가능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 회전 축선은 제1 회전 축선에 대해 실질적으로 수직하다. 특정한 구성과 관계 없이, 하나 이상의 방사의 빔은, 투사 표면을 향해 지향되는 엑서젠트 빔(exigent beams)을 발생시키기 위해 굴절 픽셀 시프터들(308, 310)을 통해 전송된다. 디콜리메이션 렌즈(312)는 돌출 표면 상에 요망되는 크기로 이미지를 포커싱한다(focus).

[0048] [0102] 이러한 돌출 시스템의 대안적인 구현은 도 19에 도시된다. 이러한 버전(version)에서, 콜리메이션 렌즈(306) 및 디콜리메이션 렌즈(312)는 생략된다. 이는 빔을 시프팅하기 전에 이미지를 콜리메이팅하지 않는 단점을 가지며, 이는 비균일한 시프팅 효과를 초래할 것이다. 이는 역전 기능(inversion function)을 결정하기 위해 픽셀 시프트 효과를 맵핑함으로써 소프트웨어에서 보상될 수 있다. 이러한 역전 기능은 이미징 표면 상에 임의의 픽셀의 물리적인 위치를 입력으로서 취하고 그리고 시프팅 효과 전에 디스플레이 유닛(302)에 의해 생성되는 이미지에서 픽셀의 대응하는 포지션을 계산한다. 이러한 기능은, 주어진 대상물을 구축하기 위해 투사되고 그리고 시프팅되어야 하는 요구되는 이미지들을 결정하기 위해 CAD 데이터에 적용될 수 있다.

[0049] [0103] 도 20 내지 도 22는 DMD(Digital Micromirror Device)의 수개의 구성들 및 실시예들을 묘사한다. DMD는 디스플레이 유닛(302)에 필수적인 요소이다. 칩(322) 상에 장착되는 마이크로미러들(micromirrors)(320)은 도 20에서와 같은 "온(on)" 상태 또는 도 21에서와 같은 "오프" 상태에 있을 수 있다. 광원은 DMD에 광의 입사 빔들(incident beams)을 제공하며, 이 입사 빔들은, 이 입사 빔들이 디스플레이 유닛(302)을 빠져나오는 것을 허용하기 위해 소정의 각도로 반사되거나, 입사 빔들이 "오프" 상태에 있다면 광 흡수기로 반사된다. "온" 상태 또는 "오프" 상태에 있도록 개별적인 미러들을 선택함으로써, 이미지는 투사될 수 있다. 본 시스템의 일부 구현들에서, 도 22에서와 같이, 단지 각각의 픽셀(320)의 중심 영역(324)이 반사가 되게 하는 것이 요망가능할 수 있다.

[0050] [0104] 도 23 내지 도 25는 이전에 설명된 이미징 시스템들 중 수 개의 시스템들을 겪는 투사 표면(328)을 도시한다. 도 23은, 모든 픽셀들이 "온" 상태가 되게 하는 효과를 도시한다. 직사각형 구역(326)이 요망되는 이미지라면, 단지 도 24에서 도시되는 픽셀들은 "온" 상태에 있을 것이다. 이는 직사각형 구역(326)을 정확하게 나타내지 않으며, 그리고 그러므로, 픽셀 시프팅은 보다 실제적인 표시를 달성하도록 활용될 수 있다. 도 25는, 직사각형 구역(326)을 보다 정밀하게 이미징하기 위해, 다수의 노출들을 수행하고, 각각의 노출 사이에 픽셀들을 시프팅하는 효과를 도시한다. 이는 구역의 에지들을 보다 양호하게 규정되게 하지만(즉, 픽셀들의 크기에서 내재하는 정밀도의 레벨보다 더 정밀한 유효 해상도(effective resolution)를 가지는 표면 피처들을 제조하기 위해 픽셀 에지들 사이의 공간을 채울 수 있음), 이는 코너들에서 수차들(aberration)을 완전히 해결하지 않으며; 이는, 도 22에서 설명되는 DMD 시스템이 일부 이점을 제공하는 하나의 예일 것이다. 유사한 이점은, 마이크로미러 유닛들을 DMD 칩 상에 더 멀리 이격하고 그리고 결과적인 이미지를 보다 작은 구역으로 포커싱함으로써 달성될 수 있다. 전체적인 효과는, 타겟 영역을 전체적으로 완전히 이미징하도록 시프팅되는, 이들의 폭보다 통상적으로 더 큰 거리로 이격되는 작은 픽셀들의 어레이를 가져야 할 것이다.

[0051] [0105] 도 26a 및 도 26b는 이전에 설명된 시스템들을 사용하여 구축될 수 있는 대상물을 묘사한다. 이는 원통형 본체(340) 및 오버행(overhang)(342)을 포함한다. 이전에 논의되었던 바와 같이, 분말은 플랫폼 상에 펼쳐질 수 있고 그리고 수지가 주입될 것이어서, 모든 사이 공간들(interstitial spaces)은 수지로 점유된다. 수지는 요망되는 대상물의 단면들을 형성하기 위해 광을 사용하여 경화될 것어서, 모든 단면들의 집합 형태는 요망되는 대상물이다. 이는 명백한 제한을 나타내며; 대상물의 하나의 층으로부터의 수지는 이미징 시스템에 의해 경화되는 임의의 부분에 의해 후속하는 층을 주입하는 제한된 형태이다.

[0052] [0106] 도 27 내지 도 32는 시스템 성능을 개선하기 위해 이러한 효과를 완화시키고 그리고 이러한 효과를 활용하는 수단을 묘사한다. 고체 단면을 경화하는 것이 수지 유동에 대한 상당한 제한을 나타내지만, 분말을 함께 접합하고 그리고 수지가 후속하는 층들로 유동하는 것을 여전히 허용하는 격자 구조물(352)이 활용될 수 있다.

도 27은 설명된 시스템에 의해 구축되어 있는 도 26a에서 대상물의 층을 도시한다. 격자 패턴(352)의 제1 컴포넌트는 이러한 층을 제조하기 위해 빌드 구역(350)으로 돌출된다. 부가의 분말이 퇴적되고 그리고 수지로 주입된 후에, 격자 패턴(354)의 제2 컴포넌트는 빌드 구역(350)으로 돌출된다. 이러한 2개의 컴포넌트들은 격자 구조물을 구축하기 위해 교번 층들로 돌출될 수 있다. 일반적으로, 분말의 후속하는 층들로의 수지 유동을 여전히 허용하면서, 분말을 함께 고정되게 결합하는 임의의 구조물이 활용될 수 있다.

[0053] [0107] 도 29는 구축되어 있는 대상물(340)의 오버행 피처(342)을 제조하는 하나의 가능한 방법을 도시한다. 격자 패턴(356)의 보다 조밀한 영역은 오버행 피처(342)의 아래를 향하는 표면을 위해 사용될 수 있는 반면, 보다 낮은 밀도의 격자 패턴(358)은 이러한 층을 위한 다른 섹션들을 위해 사용된다. 보다 높은 밀도의 섹션(356)의 갭들이 미립자 직경보다 더 작다면, 심지어 수지가 후속하는 층들로 관통 유동하기 위해 경화되지 않은 상태로 남겨진 사이 공간들이 여전히 존재하는 경우에도, 분말은 고체 층으로 결속될(bound) 것이다. 이러한 보다 조밀한 영역(356)은 보다 낮은 밀도의 영역(358)보다 더 제한적인 유동 제한을 제공하며, 이는 아래에서 설명되는 바와 같이 관리될 수 있다.

[0054] [0108] 도 30a 및 도 30b는 아래로 향하는 표면에 의해 나타나는 유동 제한을 보상하는 하나의 방법을 도시한다. 스킨(360)은 표면(342)으로 수지 유동을 안내하기 위해 표면(342) 아래에 구축될 수 있다. 주입 플랫폼(200)의 구성에 따라, 이러한 스킨(360)을 통한 유동의 압력은 대상물(340) 자체를 통한 유동의 압력과 관계없이 제어될 수 있다. 따라서, 유량들은 차압 제어를 통해 등화될 수 있다.

[0055] [0109] 이러한 기술을 통해 제조되는 부품들은, 수지 결합제를 제거하고 그리고 분말 재료를 고체로 응축하기 위해 열적, 화학적, 또는 기계적 처리를 통해 처리될 수 있다. 이러한 효과를 달성하기 위한 가장 일반적인 기술은 소결이다. 많은 예들에서, 소결된 대상물들은 금속 또는 세라믹 분말 및 고체 중합체 결합제로 제조되고, 그리고 대부분의 결합제를 제거하기 위해 화학적 또는 열적 처리를 겪는다. 이는, 잔여 결합제가 소결 동안 균일하게 제거될 수 있도록 다공성 결합제 구조를 생성한다. 빌드 공정 동안 다공성 대상물을 생성함으로 인해, 이러한 화학적 또는 열적 처리 공정은 더 신속히 처리되거나 제거될 수 있어, 따라서 전체적인 공정 속도를 개선한다.

[0056] [0110] 도 30a 및 도 30b에서 도시되는 바와 같은 유동 제어 구조물들을 경화함으로써 구별되는 유동 경로들을 규정하는 방법은 빌드 플랫폼에서 상이한 주입 존들(zones)을 통해 상이한 영역들로 다수의 수지 재료들을 제공함으로써 추가적으로 추론될 수 있다. 일부 경우들에서, 이러한 기술은, 후-처리 동안 소결을 용이하게 하기 위해 최소 산화를 갖는 대상물 내에 입자들을 남겨두면서, 구축되어 있는 대상물의 경계에서 산화된 금속 입자들을 제조하는 데 사용될 수 있다. 산화된 금속 입자들은 비산화된 금속 입자들을 함께 소결하는 데 사용되는 온도들에서 서로 소결하지 않으며, 그리고, 이렇게 함으로써, 산화는, 소결 동안 내부적으로 결합할 것이지만 산화된 입자들에 의해 규정되는 경계들에 걸쳐 결합하지 않는 재료의 분리 영역들의 조치로서 사용될 수 있다. 이는 단일 빌드 공정에서 독립적으로 이동하는 부품들로의 완전한 조립들을 용이하게 하는 데, 또는 소결 공정 동안 부품을 안정화하는 것을 보조할 것인 제거가능한 지지 재료를 제조하는 데 사용될 수 있다.

[0057] [0111] 도 31 및 도 32는 이러한 공정의 추가의 이점들을 예시한다. 많은 임의 형상 제작(SFF) 공정들에서, 정밀도는 제작시에 사용되는 재료의 층들의 두께에 의해 대체로 제한된다. 도 31에서 알 수 있는 바와 같이, 재료가 분말의 층을 완전히 주입하기 전에, 재료가 경화된다면, 단편 층들(fractional layers)은 원칙적으로 달성될 수 있다. 부분적으로 주입된 수지(374)는 분말(372)을 결합하도록 경화될 수 있다. 유사하게는, 경화 매개변수들은, 도 32에서 도시되는 바와 같이, 경화 깊이를 제한하도록 조절될 수 있다. 단지 분말(372)의 층으로 부분적으로 관통하는 고형화된 영역(376)이 제조될 수 있어, 아래에 경화되지 않은 수지(378)를 남겨둔다. 따라서, 주어진 층과 완벽히 정렬하지 않는 위를 향하는 표면 및 아래를 향하는 표면이 달성될 수 있다. 이러한 방법은 또한 외형형성된 표면들의 품질 및 부품 정밀도를 일반적으로 개선하는 데 사용될 수 있다.

[0058] [0112] 본 시스템의 이전에 설명된 구현들에서, 투사 모듈들(300)의 어레이는, 빌드 구역을 전체적으로 완전히 이미징하는 데 사용되었다. 이전에 설명된 픽셀 시프팅 시스템의 이점들 중 하나는, 픽셀 시프팅 시스템이, 주어진 모듈에 의해 이미징되는 구역의 크기를 유지하면서, 온 시스템 해상도(on system resolution)를 가지는 다중적인 효과이다. 이는, 마이크로스케일 및 나노스케일 이미지 해상도가 유용하지만, 이미징되는 대상물들이 메소스케일(mesoscale) 또는 매크로스케일(macroscale)인 시스템들에게 특히 중요하다. 이러한 요건들을 갖는 시스템에서, 요망되는 해상도를 생성하기에 충분히 작은 픽셀들을 가지는 크기로 투사된 이미지를 포커싱하는 것이 어려울 수 있으며, 그리고 이것이 가능함에도 불구하고, 결과적인 이미지는 디스플레이 유닛의 물리적인 크기보다 훨씬 더 작을 것이다. 이는, 전체적인 빌드 구역을 효과적으로 이미징할 수 있는 이미징 어레이를 어

렵게 또는 불가능하게 만든다. 전체적인 빌드 구역을 이미징할 수 있는 것은 속도를 최적화하기 위해 요망가능할 수 있다.

[0059] [0113] 대안적인 시스템은 어레이 정렬에 대해 수직한 방향으로 빌드 구역을 횡단하는 디스플레이 유닛들의 선형 어레이로 구성된다. 도 33은 이러한 하나의 어레이를 도시한다. 이는 투사 유닛들(302)의 수직 벡터로부터 오프셋 각도로 이미지들(380, 382, 384, 386)를 투사함으로써 투사된 이미지보다 더 큰 디스플레이 유닛을 가지는 문제를 극복한다. 어레이는 전체 빌드 구역을 순차적으로 이미징하기 위해 특정된 방향(388)으로 빌드 구역을 따라 이동한다. 일반적으로, 이러한 작동이 분말 퇴적을 뒤따라 이루어질 수 있어, 이러한 공정에 따라가기에 충분이 높은 주입 속도를 추정한다. 따라서, 일부 구현들에서, 분말 퇴적, 주입, 및 이미징은, 분말 퇴적 모듈 및 이미징 어레이가 플랫폼을 함께 횡단함에 따라, 빠른 순서로 발생할 수 있다.

[0060] [0114] 이러한 예에서, 디스플레이 유닛의 포커싱된 해상도는 구축되어 있는 대상물의 유효 해상도이다. 도 34는 모듈들의 선형 어레이와 함께 플랫폼을 횡단하는 방법에 정밀도를 부가하는 투사 모듈(300)의 대안적인 실시예를 묘사한다. 이러한 예에서, 복수의 정적 굴절 요소들(390)은 이미지가 투사되는 표면에 대한 상이한 각도들로 배열된다. 이러한 정적 굴절 요소들(390)은 서로에 대해 약간 시프팅되는 섹션들로 이미지를 분할하는 데 사용된다. 이는 시스템의 유효 해상도를 증가시킨다. 굴절 요소들의 임시적인 수는, 요망되는 해상도를 달성하기 위해 사용될 수 있다.

[0061] [0115] 도 35는 본 실시예의 대안적인 도면을 도시한다. 이전에 논의된 바와 같이, 이러한 시스템에서 구현되는 제작 방법은 분말을 퇴적하고, 분말에 수지를 주입하고, 그리고 수지를 특정한 패턴으로 경화하는 공정들을 수반한다. 주입이 모세관 작용에 의해 구동되어 다소 자동적이지만, 유동 제어는 또한, 다양한 펌핑 시스템들 중 임의의 펌핑 시스템으로 이전에 설명되는 바와 같이 활용될 수 있다. 이러한 경우에, 펌핑 시스템을 제어하기 위해 피드백을 가지는 것이 유용하다. 카메라들(392)은, 시각적 피드백이 주입 공정을 감시하고 그리고 수지 공급 시스템을 제어하기 위해 사용될 수 있다. 동일한 하드웨어는 또한, 장애 검출(fault detection) 및 투사 모듈들의 교정 및 동기화뿐만 아니라, 구조화된 광 또는 레이저 스캐닝 시스템을 통해 층 토포그래피를 측정하는 것을 포함하는(하지만, 이에 제한되지 않음) 매우 다양한 시스템 자동화 적용들 중 임의의 적용을 위해 활용될 수 있다.

[0062] [0116] 이전에 논의된 바와 같이, 투사 모듈(300)의 다수의 구현들이 활용될 수 있다. 이들 중 많은 것에서, 굴절 픽셀 시프팅이 구현된다. 일부 예들에서, 픽셀 시프팅의 정도는 비균일하거나 비선형이다. 이러한 경우들에서, 소프트웨어 교정 및 보상은 최적 정밀도를 달성하도록 요구될 수 있다. 도 36은 이전에 설명되는 바와 같은 비전 피드백 시스템을 사용하여 이러한 수차들 중 임의의 수차를 보상하는 방법을 설명한다. 우선적으로, 비전 피드백 시스템은 굴절 시프팅 시스템을 사용하여 모든 가능한 시프팅된 포지션들에서 모든 투사 모듈들을 위한 모든 픽셀들의 위치를 맵 아웃하는(map out) 데 사용될 수 있다. 픽셀들이 과도하게 중첩하는 위치들에서, 그 후, 그레이스케일 값들은 이미징 구역에서의 모든 위치들에서 광 세기의 정도를 균일화하도록 결정될 수 있다. 이러한 맵핑으로부터, 반전 픽셀 시프팅 기능은 계산될 수 있거나 역전 룩업 테이블로서 간단히 구현될 수 있다. 그 후, 이러한 반전 기능은 요망되는 대상물을 제조하기 위해 이미징 매개변수들을 결정하기 위해 CAD 데이터에 적용될 수 있다.

[0063] [0117] 이러한 제작 시스템은 다양한 분말 재료들 중 임의의 분말 재료에 대해 일반화할 수 있다. 분말 재료의 특정한 층으로의 수지의 주입의 정도를 검출하는 비전 시스템의 능력은 논의 중인 분말의 광학적 특성들과 함께 다소 변경될 수 있다. 도 37은 이러한 거동을 보상하는 방법을 도시한다. 비전 피드백 시스템은 일반적으로 파장들의 넓은 스펙트럼을 감지할 수 있으며, 그리고 주입의 인디케이터들(indicators)로서 수지에서의 화학적 반응을 조장하지 않는 하나 이상의 파장들을 발생시키는 하나 이상의 조명 소스들을 제공하는 것은 유리할 수 있다. 신규의 분말 재료들을 위해, 광학 인디케이터 파장은 주입 공정을 동안 다양한 잠재적인 인디케이터 파장들의 각각에 분말을 노출함으로써 결정될 수 있다. 주입 동안 반사도(reflectance) 및 흡수도(absorbance)에서의 변경을 측정함으로써, 거동시의 가장 큰 변경이 발생하는 파장은 신호/노이즈 비율을 최대화하도록 선택될 수 있다.

[0064] [0118] 이전에 설명되는 분말 퇴적 시스템들 중 많은 분말 퇴적 시스템들이 고도의 신뢰도를 갖는 분말의 매우 균일한 층들을 제조할 수 있지만, 분말 층들이 이들의 균일성에서 벗어나는 것을 허용하는 것 그리고 층들이 제조됨에 따라 층들을 측정하고 그리고 보상하기 위해 이미징 데이터를 조절함으로써 보상하는 것이 일부 구현들에서 유리할 수 있다. 이는 분말 퇴적이 닥터링 블레이드(118) 또는 분말 층을 평탄화하기 위한 다른 대상물 없이 발생하는 것을 허용할 수 있으며, 이는 퇴적 속도를 증가시킬 수 있다. 도 38은 이를 구현하는 하나의 방

법을 설명한다. 대상물을 제작하기 전에, 대상물을 제작하기 전에, 이는 "복셀들(voxels)"로 또한 불리는 3차원 픽셀들로 분할될 수 있으며, 그리고 각각의 복셀은 컴포넌트(예컨대, 위를 향하거나 아래를 향하는 표면)의 요망되는 경계에 그의 근접성에 대해 분석될 수 있다. 일반적으로, 분말 퇴적에서의 수차들은, 수차들이 위를 향하는 표면 또는 아래를 향하는 표면에 가깝게 발생할 때까지, 중요하지 않다. 예를 들어, 층들의 일부분이 매우 많은 재료를 가진다면, 이러한 부분의 공칭 높이가 위를 향하는 표면의 위치에 있는 경우, 과도한 재료가 공칭 포지션보다 더 높이 있는 표면을 발생시킬 것이다. 이를 회피하기 위해, 실제 층 토포그래피에 접근하고 그리고 수차들을 보상하는 신속한 수단이 사용될 수 있다.

[0065] [0119] 복셀들이 위를 향하는 표면 및 아래를 향하는 표면에 대한 이들의 근접성에 대해 분석됨에 따라, 이들의 표면들 중 하나에 대한 임계 거리 내에 있는 임의의 복셀들은 이러한 복셀과 논의 중인 표면 사이의 실제 거리에 대응하는 값으로 할당될 수 있다. 일반적으로, 복셀은, 값이 없는 것으로, (하나의 표면에 대해 근접하다면) 하나의 값으로, 또는 (얇은 수평 피처의 경우에, 2개의 표면들에 근접하다면) 2개의 값들로 할당될 수 있다. 분말의 층들이 제조됨에 따라, 각각의 층은 그의 토포그래피에 접근하고 그리고 공칭 높이로부터 분말 높이의 편차들을 측정하도록 스캐닝될 수 있다. 층이 이미징될 때, 픽셀들의 어레이는 논의 중이 층에 포함되는 복셀들에 기초하여 생성된다. 층 편차 측정들은 제작되어 있는 층에서 복셀들의 위치들에 대응하는 테이블에 배치될 수 있다. 층을 이미징하기 전에, 층 이미지에서의 픽셀들은, 분말 표면에서의 측정된 편차들이 이들의 유래하는 복셀에 대응하는 거리 측정을 초과한다면, 제거될 수 있다. 대안적으로, 픽셀 어레이는 단편 층들을 제작하는 이전에 설명된 방법들에서 활용되도록 메타데이터(metadata)로 수정될 수 있다. 이러한 방식으로, 분말 퇴적 공정에서의 수차들은 전체적인 제작 정확도에 영향을 주지 않을 것이다. 그 결과, 층 편차들의 이러한 보정은 (예컨대, CAD 모델에 의해 규정되는) 요망되는 구조물로부터 편차들을 최소화할 수 있다.

[0066] [0120] 높은 처리량은 디지털 제작이 대량 제조시에 활용될 수 있기 위해 요구된다. 많은 상황들에서, 이는 생산성을 최대화하기 위해 부품들의 배치들(batches)을 인쇄하는 것을 요구한다. 도 39는 이의 일 예를 도시한다. 부품들(232)의 어레이는 플랫폼 베이스(202)의 최상부 상의 작동 표면(204) 상에 인쇄된다. 이러한 도면에서, 과도한 경화되지 않은 수지 및 결속되지 않은 분말은 대부분 제거되었다. 이는, 스프레이 장치 및 경화되지 않은 수지를 용해할 수 있는 용매들을 수반하는 다양한 세척 시스템들 중 임의의 세척 시스템에 의해 성취될 수 있다. 지지 재료(230)는 분말 퇴적 동안 부품들(232) 상에 가해지는 임의의 전단력들에 저항하도록 제작되었다. 이러한 지지 재료(230)는, 하지만 부품들(232)에 연결될 필요가 없는 임의의 경우에서, 분말 퇴적의 방법에 따라 요구될 수 있거나 요구되지 않을 수 있다. 이러한 비접촉 지지 재료(230)는 부품들(232)에 대한 그의 근접성에 의해 부품들(232)을 고정시키지만, 후-처리 동안 핸들링하는 부품들을 방해하지 않는다.

[0067] [0121] 부품들의 배치의 최상부로부터 그리고 이의 주위에 과도한 재료를 제거하는 것은 일반적으로 사소하지만, 이러한 부품들을 핸들링하는 것은 부가적인 자동화 시스템들을 요구한다. 이전에 도시되는 부품들(232)이 진공 그리퍼 또는 기계적인 그리퍼 시스템을 통해 핸들링을 용이하게 하는 평탄 표면들을 가지지만, 모든 부품들이 자동화된 핸들링을 용이하게 하는 피처들을 가지지 않을 것이다. 도 40은 고르지 않은 상부 표면을 갖는 부품들(234)의 배치를 도시하며, 이 배치는 표준 진공 그리퍼에 의해 용이하게 핸들링되지 않을 것이다. 대신에, 이러한 부품들에 부가되었던 부가적인 피처들은 조작을 용이하게 한다.

[0068] [0122] 도 41a 및 도 41b는 더 상세히 조작 피처들(236)을 갖는 부품들(234)을 도시한다. 이러한 조작 피처들(236)은, 도 42에서 도시되는 바와 같이 진공 그리퍼(252)에 의해, 또는 픽 앤 플레이스 시스템(pick and place system)(250)에 의해 구동되는 임의의 다른 그리퍼에 의해 맞물릴 수 있는 평탄 표면을 제공한다. 후-처리 부품들 — 여기서 부품들은 금속 또는 세라믹 분말로 구성되며, 그리고 요망되는 최종 제품은 고체 금속 또는 세라믹 부품임 — 을 위한 필수적인 작동들은 과도한 재료의 제거, 조작 피처들의 제거, 및 소결을 위한 트레이 상의 배치를 포함한다. 이들이 통상적으로 매우 노동집약적(labor intensive)이기 때문에, 이들의 작동을 자동화하는 것에 대해 상당한 가치가 존재한다.

[0069] [0123] 조작 피처들(236)이 자동화된 부품 조작을 위해 유리하지만, 이 조작 피처들은 소결하기 전에 제거되어야 하거나, 이 조작 피처들은 제거를 위한 2차 기계가공 공정을 필요로 할 것이며, 이는 전체적인 제조 공정을 덜 효과적이도록 만들 것이다. 도 43은 조작 피처들(236)의 용이한 제거를 용이하게 하기 위한 하나의 방법을 도시한다. 부품(234)과 조작 피처들(236) 사이의 경계에 존재하는 분말(264)은, 분말이 부품(260) 상의 재료에 접선 방향으로 고정되고 그리고 또한 조작 피처들(266) 상의 재료에 접선 방향으로 고정되도록, 결속될 수 있다. 따라서, 조작 피처들을 연결시키는 경화된 중합 결합제의 연속적인 구역이 존재하지 않지만, 조작 피처들(236)은 자동화된 핸들링을 보조하기 위해 부품(234)에 명목상 연결된다. 이는 조작 피처들(236)이 부품

(234)을 손상시키지 않고 소결하기 전에 잘라내지는(sheared off) 것을 가능하게 한다.

[0070] [0124] 논의 중인 부품들(234)은, 일반적으로 부품들(234)이 몰딩하는 것을 어렵게 또는 불가능하게 만들 것인 다수의 스레드형 홀들(238, 240, 242)을 가지고 그리고 재료가 태핑될 수 있으며 그리고 재료가 임의의 부가적인 후-처리 전에 제거되어야 하는 부가적인 공간들을 생성한다. 중합체가 없는 고체 금속 또는 세라믹 부품을 형성하기 위해 소결될 의도를 가지고 빌드 공정 동안 금속 또는 세라믹 분말이 함께 결속되는 이전에 논의된 경우에서와 같이, 과도한 재료는 소결 전에 제거되어야 하며, 그렇지 않으면 과도한 재료는 부품(234)에 접합할 것이고, 그리고 전체적인 제조 공정의 정확도를 손상시킬 것이다. 도 44a 및 도 44b는 에워싸지는 구역들에 대한 진입 지점들을 식별하는 벡터들을 도시한다. 이들은 과도한 재료를 제거하기 위한 노즐-기반 세척 시스템을 위한 세척 벡터로서 활용될 수 있다. 일반적으로, 노즐 세척 시스템에 대한 부품 배향을 결정하기 위해 이들의 세척 벡터들을 사용하여, 그리고 모든 과도한 재료의 제거 전체에 걸쳐 보장하기 위해 배향들의 순서로 세척 시스템에 이러한 부품들을 노출하여, 고체 부품에서 한정된 체적들로의 입구들의 중심들의 수직 벡터들인 세척 벡터들을 식별하는 방법은 이전에 설명된 시스템을 사용하여 만들어지는 부품들을 처리하는 데 사용될 수 있다.

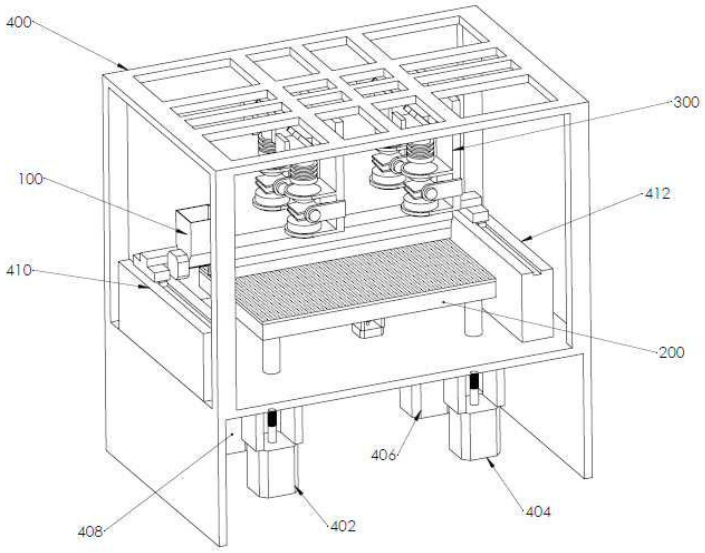
[0071] [0125] 도 45 내지 도 47은 후-처리 인쇄된 부품들의 대안적인 수단을 묘사한다. 지지 재료(270, 272)는, 부품들(234)이 지지 재료(270, 272) 내에 보유되지만 지지 재료가 2차 세척 작동 동안 부품들(234) 밖으로의 재료 유동을 허용하도록, 부품들(234)과 함께 구축될 수 있다. 이러한 예에서, 부품들(234)은 지지 재료(270, 272) 내측에 유지될 수 있는 반면, 재료가 임의의 한정된 공간들 밖으로 유동하는 것을 허용하기 위해 조립 배향을 변경하면서, 가능하게는 음파(sonic) 또는 다른 기계적인 교반을 수반하는 전체적인 조립체는 용매 세척 공정에 노출된다. 이는 이전의 단일 유닛 세척 공정을 배치 공정으로 전환하며, 이는 대규모 가공에 대해 보다 효율적일 수 있다.

[0072] [0126] 도 48 내지 도 50은 분말 분배 기구의 대안적인 실시예를 묘사한다. 분말 퇴적 모듈(500)은 호퍼(502), 롤러 액추에이터(504), 롤러들(506), 분말 전단 부재(510), 분말 전단 액추에이터(508), 및 메쉬 스크린(512)으로 구성된다. 이전에 논의된 바와 같이, 롤러들(506)이 퇴적된 분말의 층을 컨디셔닝하도록 여기서 채택되지만, 블레이드 또는 다른 수단이 또한 구현될 수 있다. 이러한 퇴적 방법에서, 분말은 일반적으로, 이전에 논의된 아칭 거동(arching behavior)을 생성하기 위해 사용되는 분말에 대해 적합하게 크기가 정해지는 복수의 홀들로 구성되는 메쉬(512)를 통과하도록 허가되지 않는다. 이러한 예에서, 아치형 분말을 교반하기 위해 진동을 사용하는 것보다는 오히려, 전단력은, 아치(arch)를 방해하고 그리고 분말이 스크린(512)을 통해 유동하는 것을 허용하기 위해 전단 액추에이터(508)에 의해 구동되는 전단 부재(510)에 의해 적용된다. 이러한 특정한 실시예에서, 2개의 롤러들(506)은, 모듈(500)이 전방 또는 후방 방향으로 빌드 구역을 횡단함에 따라, 분말이 퇴적될 수 있도록 사용된다.

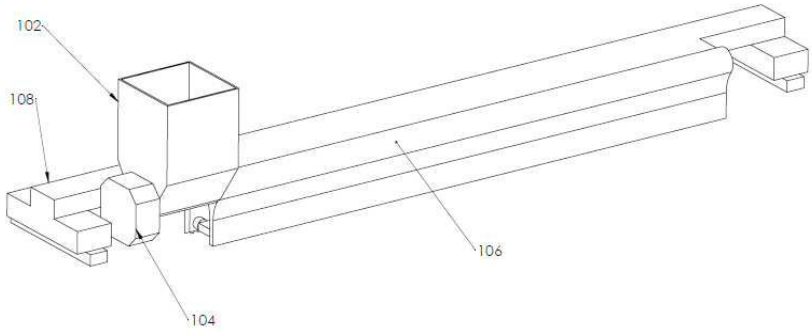
[0073] [0127] 본 청구 대상은 본 청구 대상의 사상 및 필수적인 특성들로부터 벗어나지 않고 다른 형태들로 구체화될 수 있다. 그러므로, 설명된 실시예들은 모든 측면에서 제한이 아닌 예시로서 고려될 것이다. 비록 본 청구 대상이 특정 바람직한 실시예들의 측면에서 설명되었지만, 당업자들에게 명백한 다른 실시예들은 또한 본 청구 대상의 범위 내에 있다.

도면

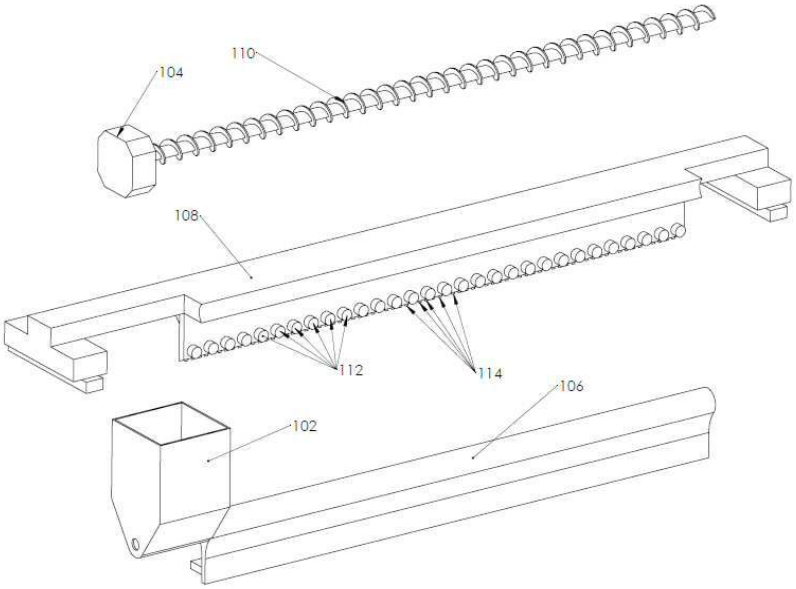
도면1



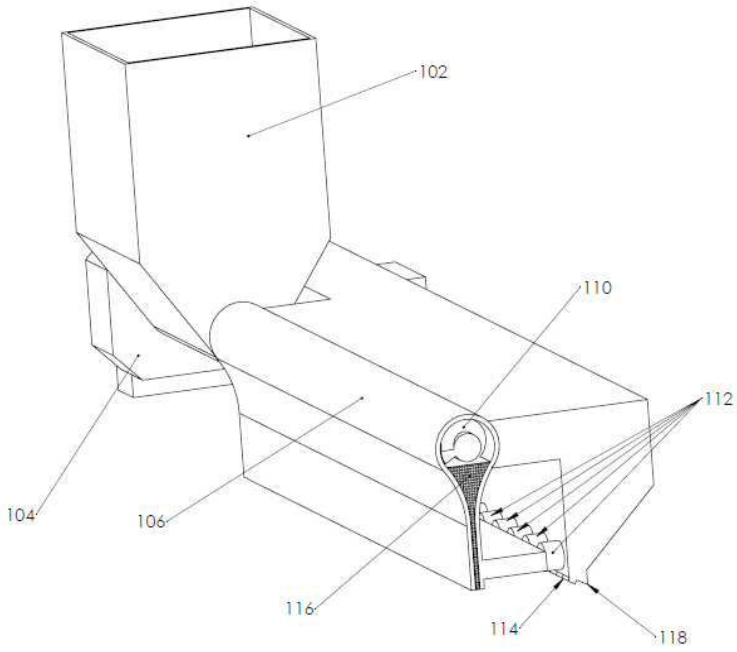
도면2



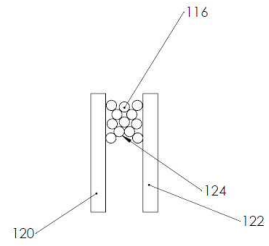
도면3



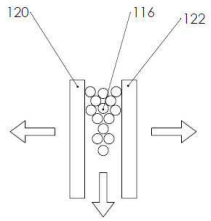
도면4



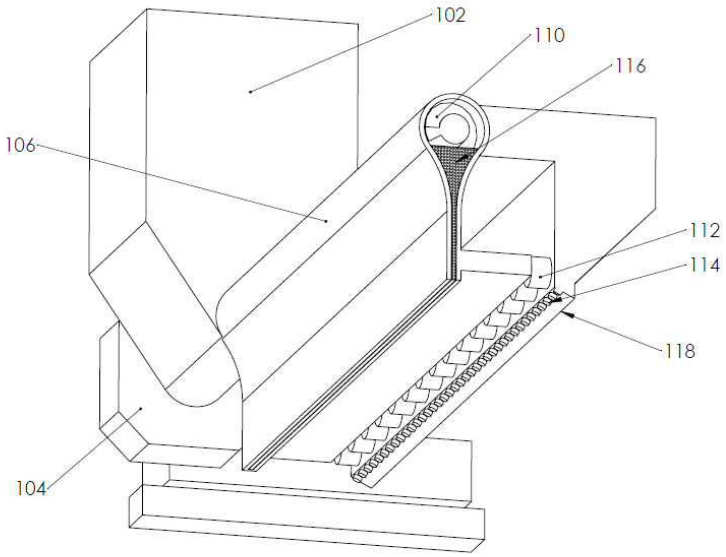
도면5a



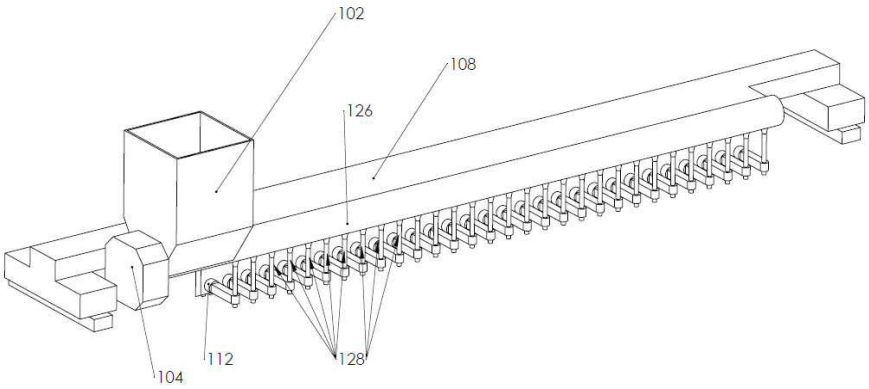
도면5b



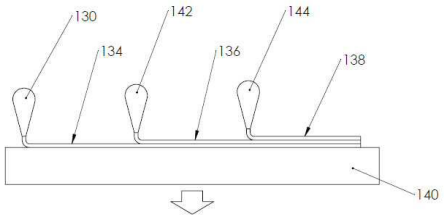
도면6



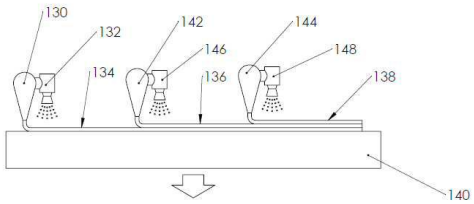
도면7



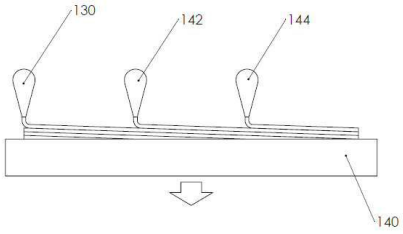
도면8



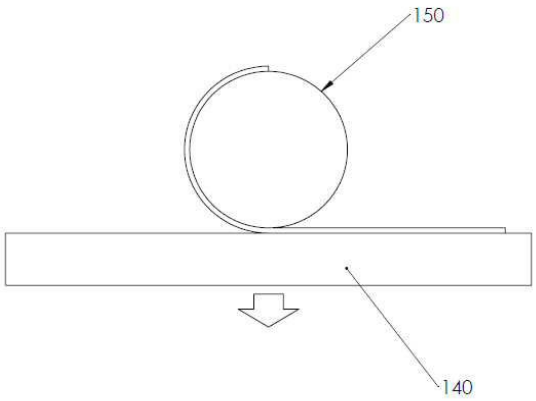
도면9



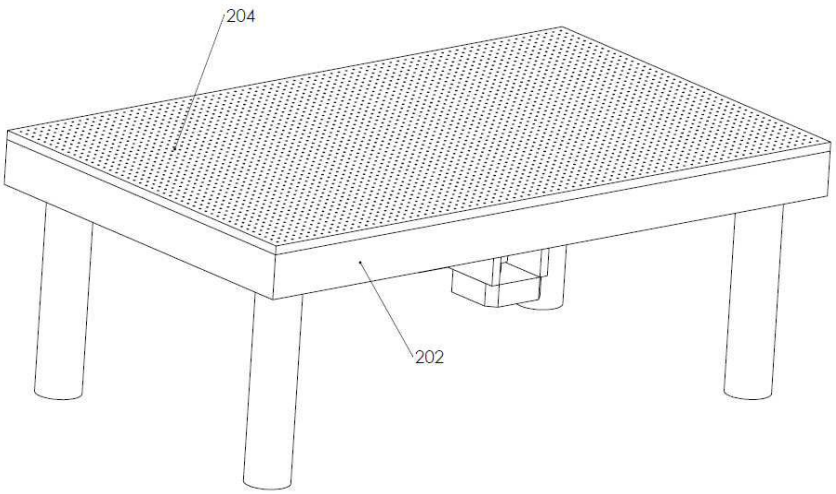
도면10



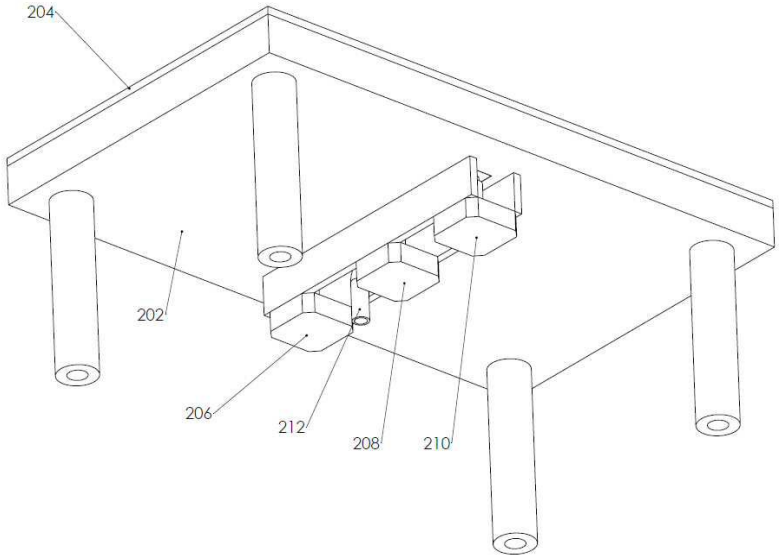
도면11



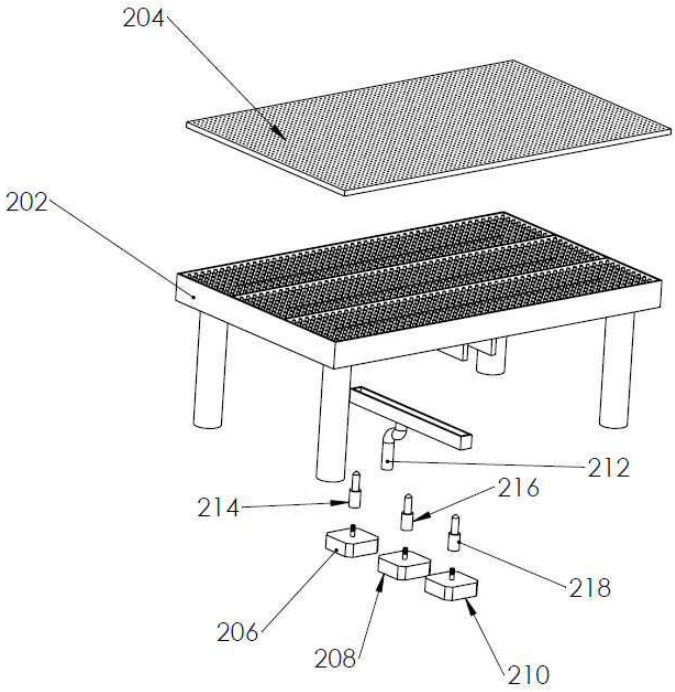
도면12



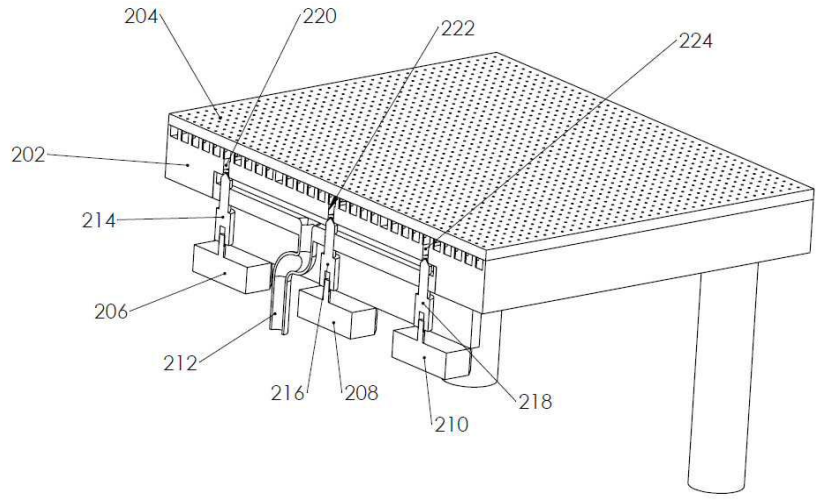
도면13



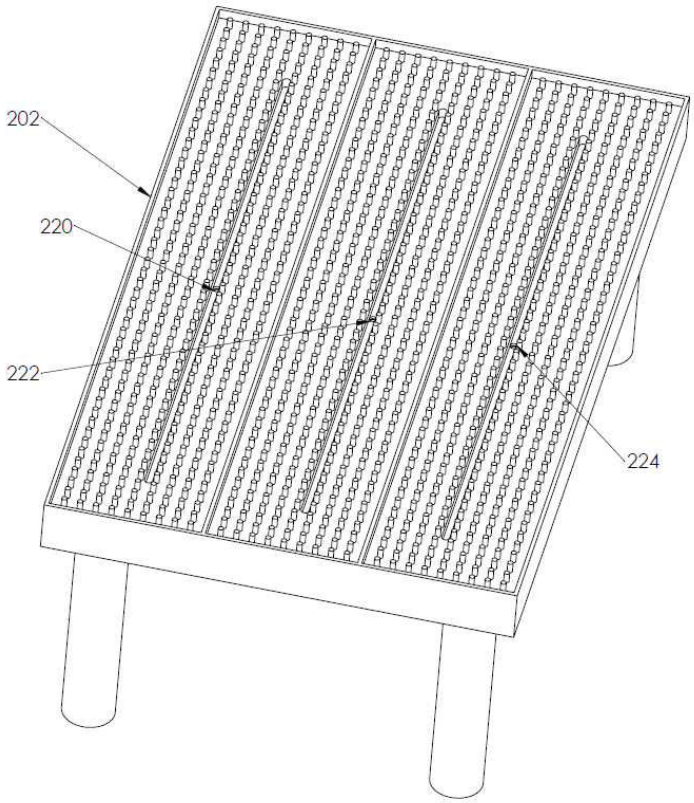
도면14



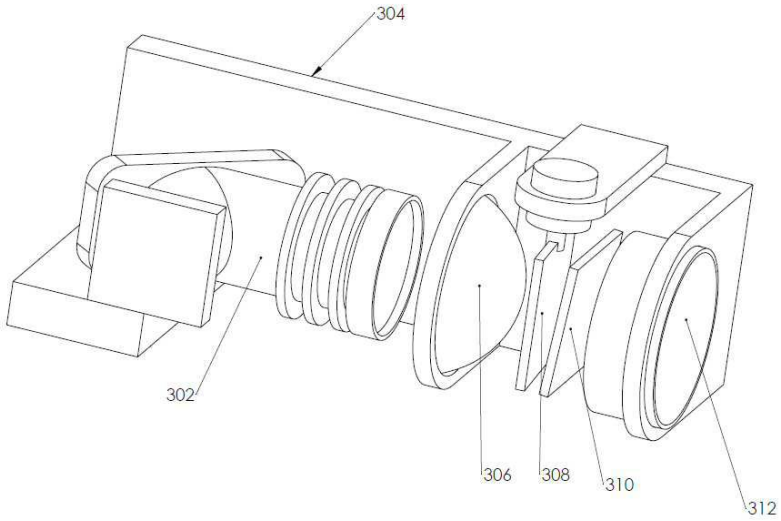
도면15



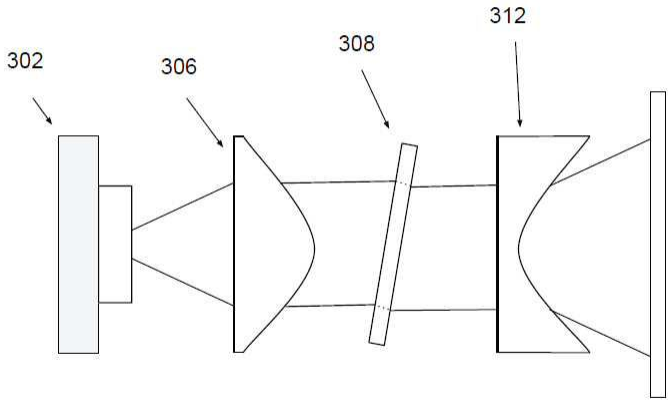
도면16



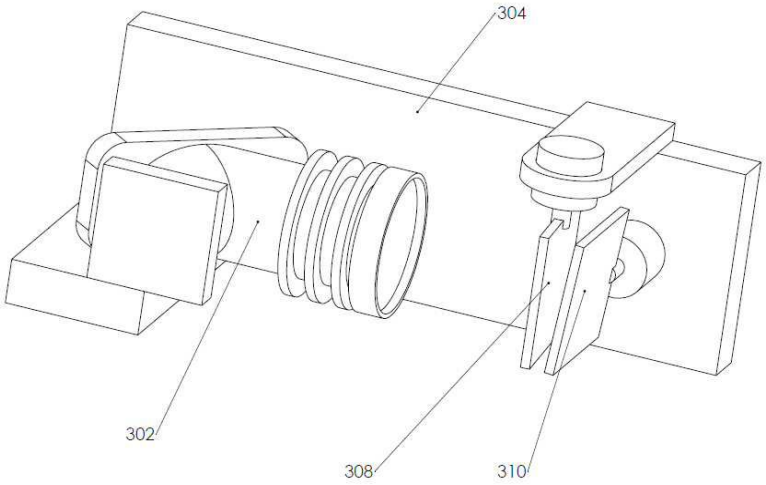
도면17



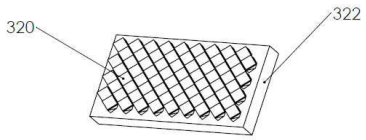
도면18



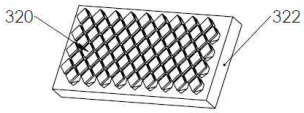
도면19



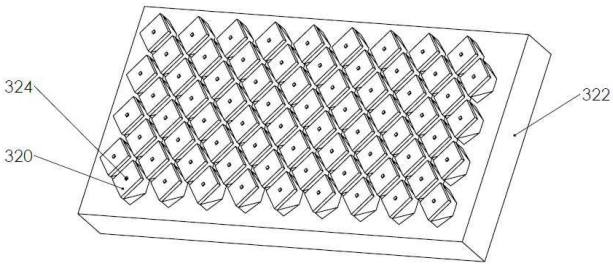
도면20



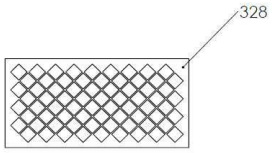
도면21



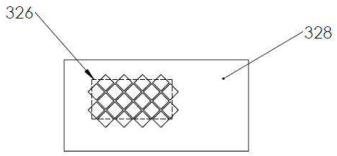
도면22



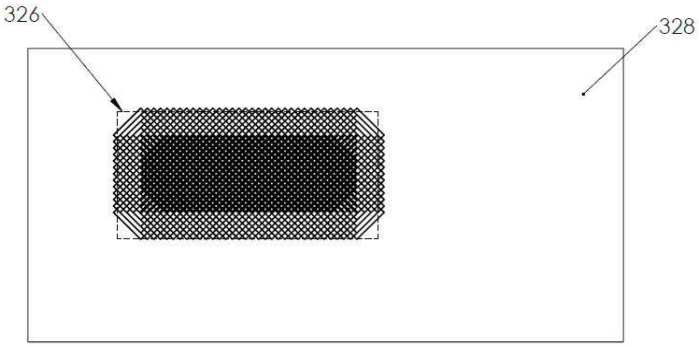
도면23



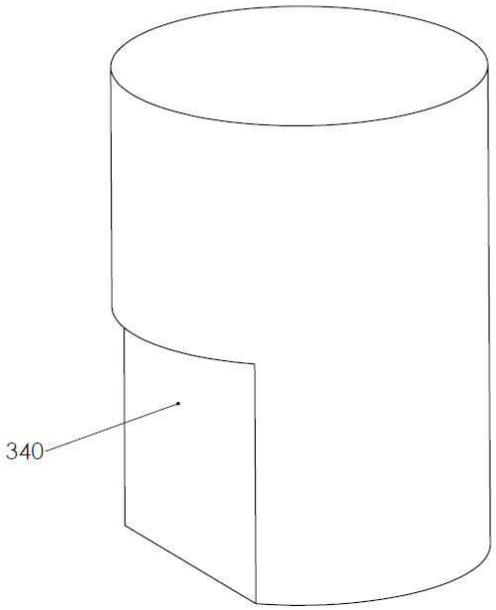
도면24



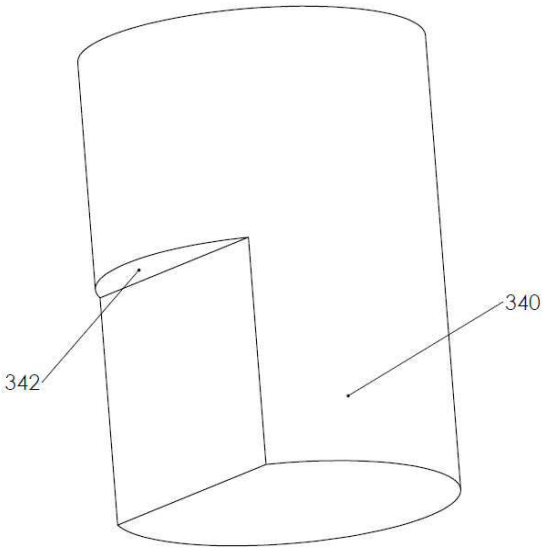
도면25



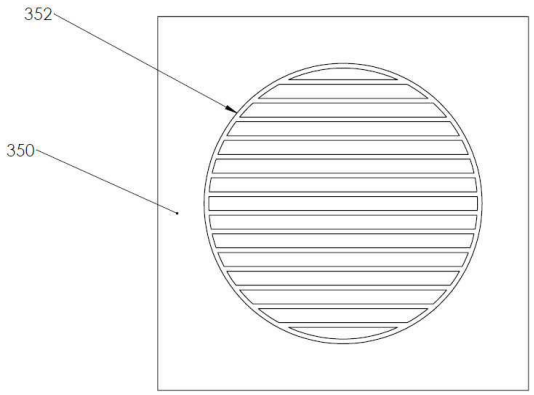
도면26a



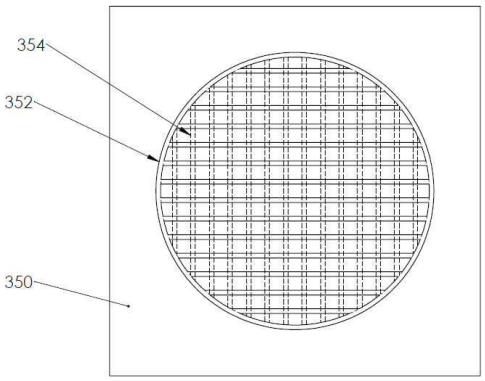
도면26b



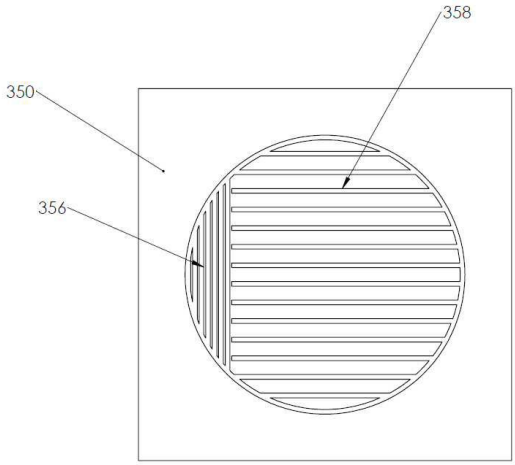
도면27



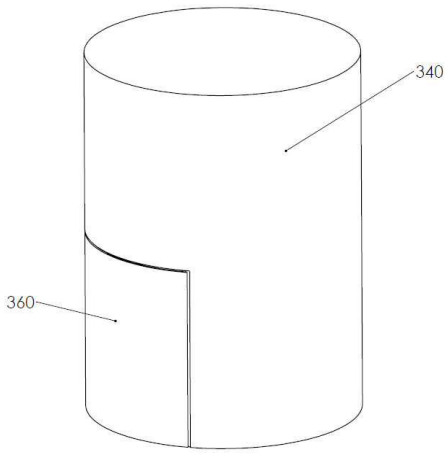
도면28



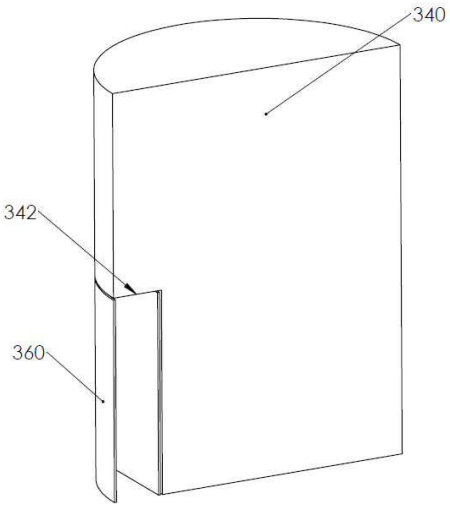
도면29



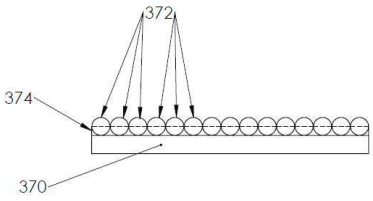
도면30a



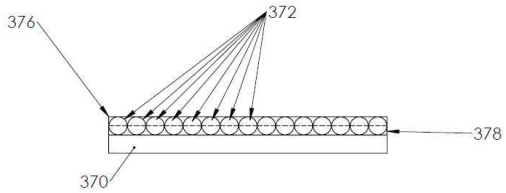
도면30b



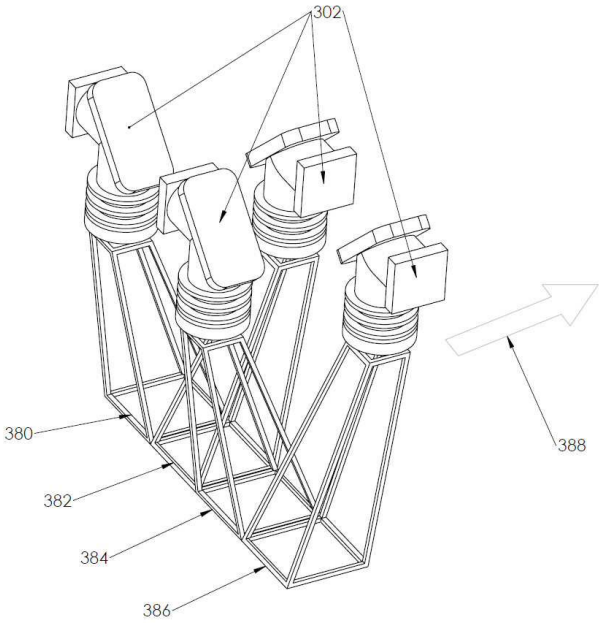
도면31



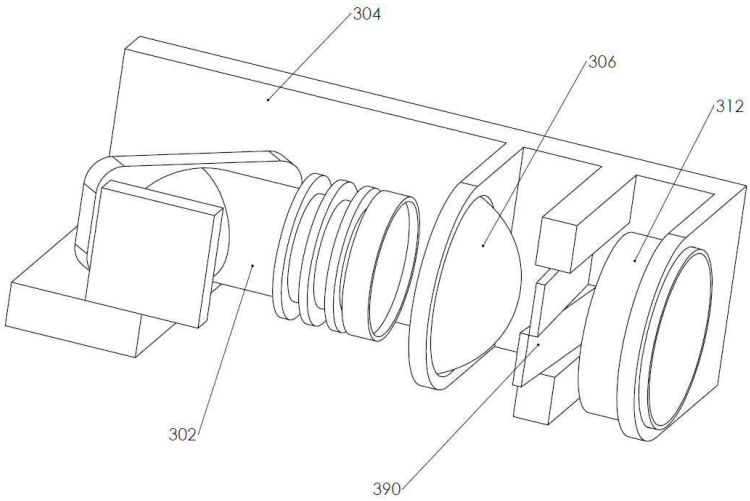
도면32



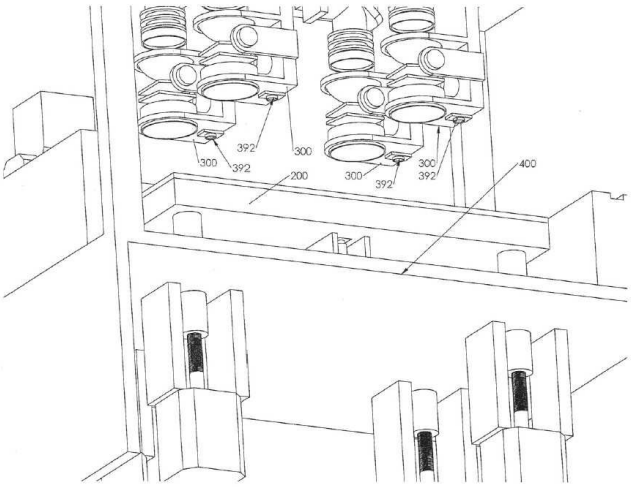
도면33



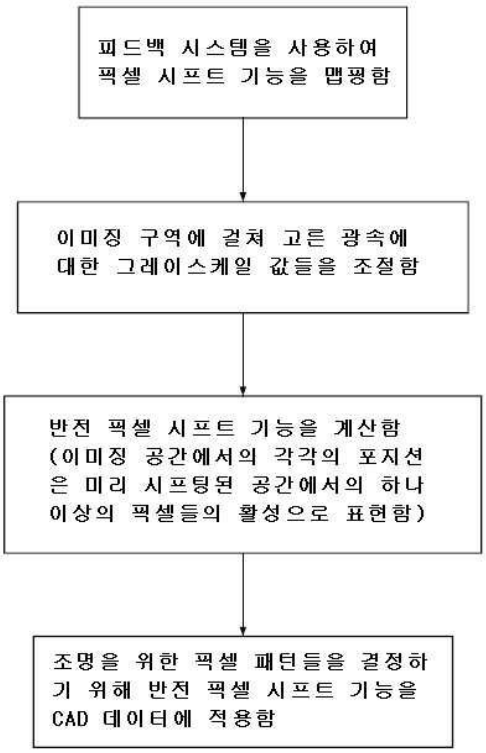
도면34



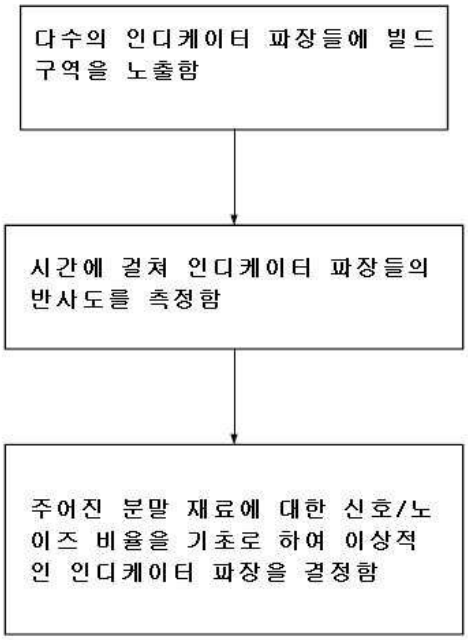
도면35


300
392
392
300
200
300
392
300
392
400

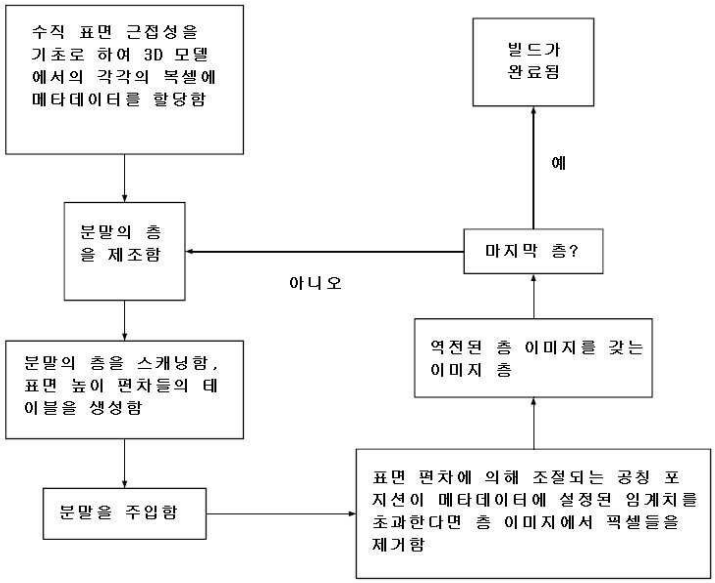
도면36


피드백 시스템을 사용하여 픽셀 시프트 기능을 맵핑함
이미징 구역에 걸쳐 고른 광속에 대한 그레이스케일 값들을 조절함
반전 픽셀 시프트 기능을 계산함 (이미징 공간에서의 각각의 포지션은 미리 시프팅된 공간에서의 하나 이상의 픽셀들의 활성으로 표현함)
조명을 위한 픽셀 패턴들을 결정하기 위해 반전 픽셀 시프트 기능을 CAD 데이터에 적용함

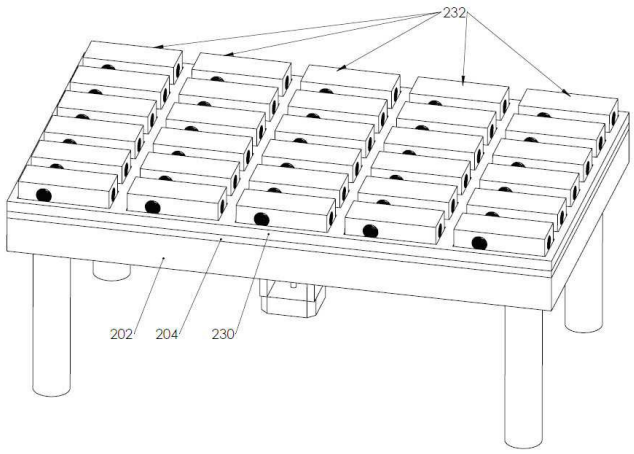
도면37


다수의 인디케이터 파장들에 빌드 구역을 노출함
시간에 걸쳐 인디케이터 파장들의 반사도를 측정함
주어진 분말 재료에 대한 신호/노이즈 비율을 기초로 하여 이상적인 인디케이터 파장을 결정함

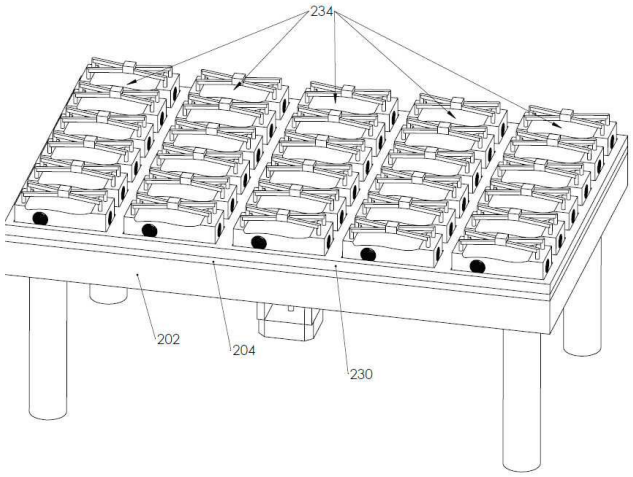
도면38


수직 표면 근접성을 기초로 하여 3D 모델에서의 각각의 복셀에 메타데이터를 할당함
분말의 층을 제조함
분말의 층을 스캐닝함, 표면 높이 편차들의 테이블을 생성함
분말을 주입함
표면 편차에 의해 조절되는 공칭 포지션이 메타데이터에 설정된 임계치를 초과한다면 층 이미지에서 픽셀들을 제거함
역전된 층 이미지를 갖는 이미지 층
마지막 층?
아니오
예
빌드가 완료됨

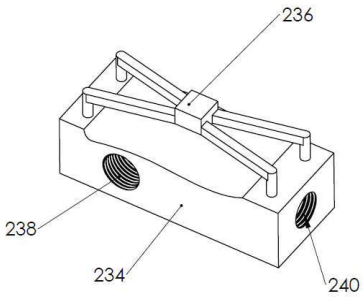
도면39



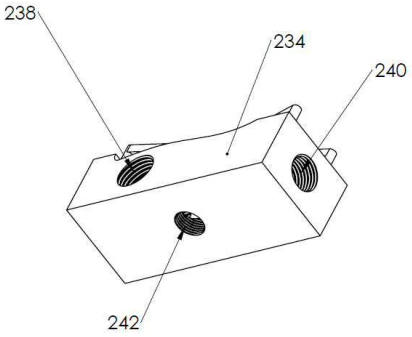
도면40



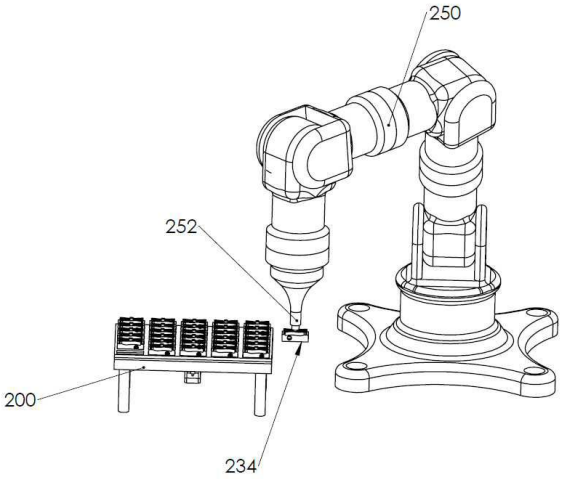
도면41a



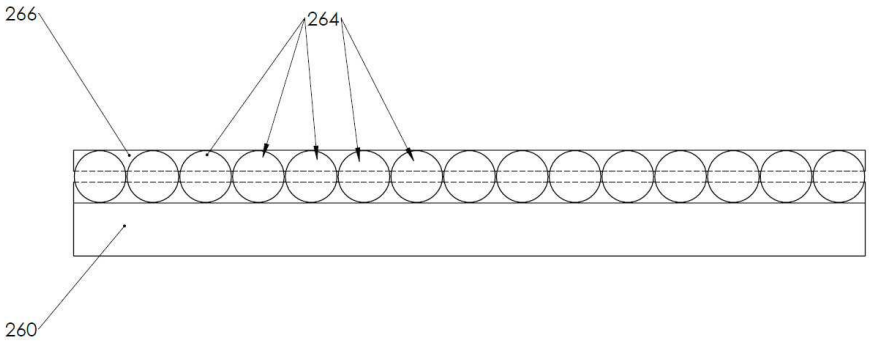
도면41b



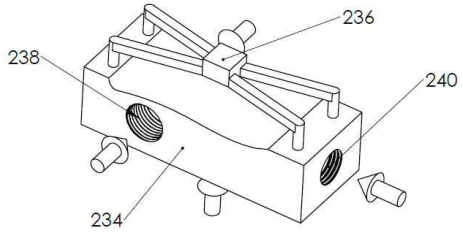
도면42



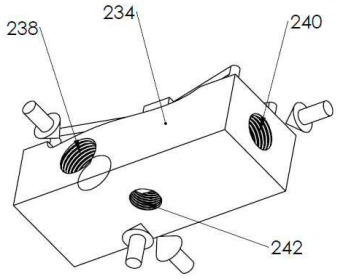
도면43



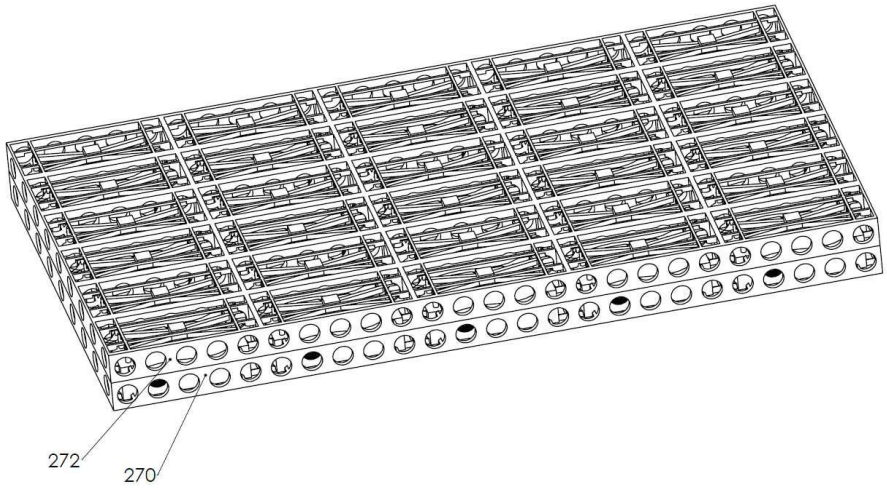
도면44a



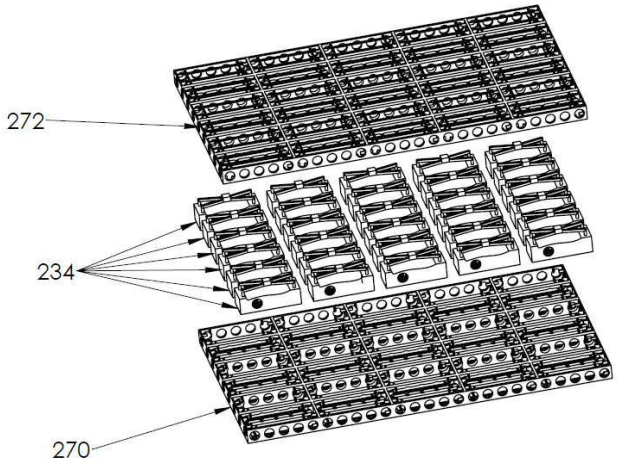
도면44b



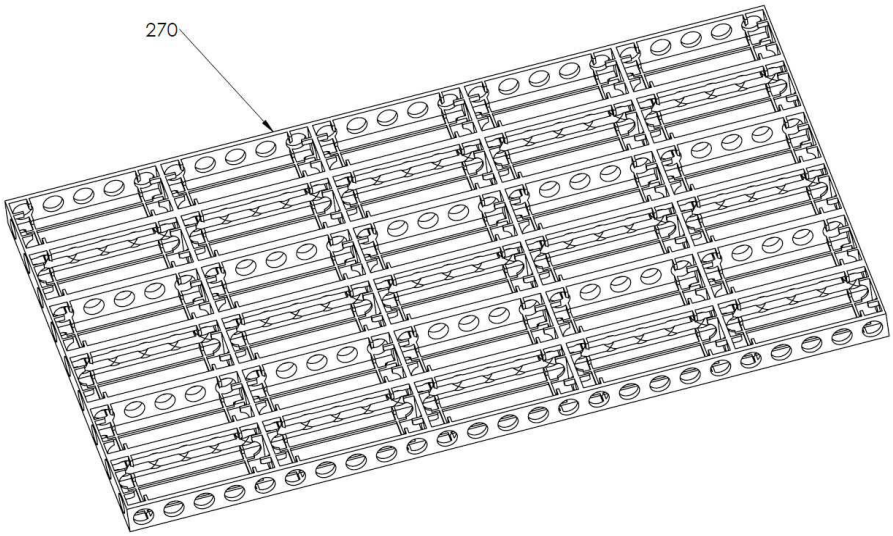
도면45



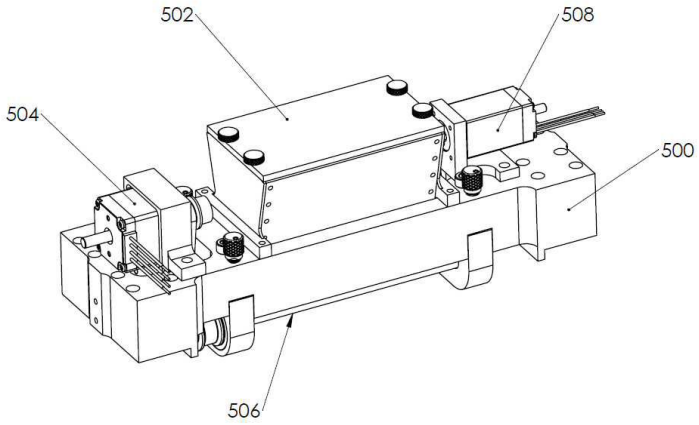
도면46



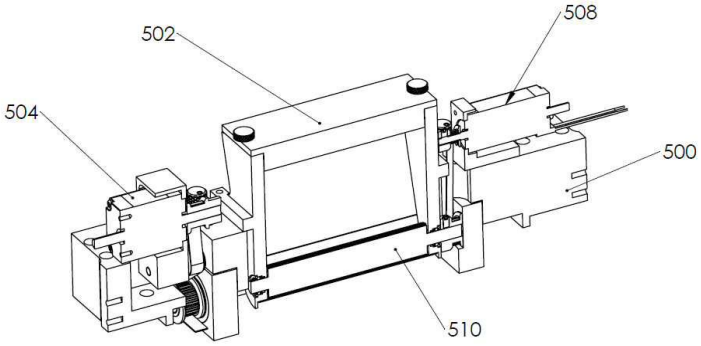
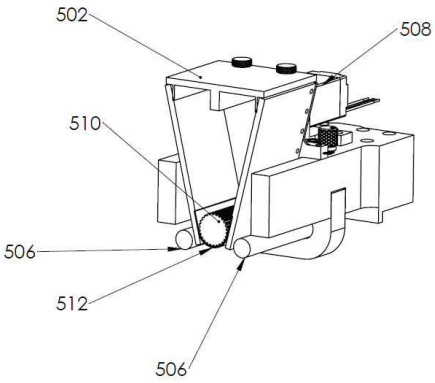
도면47



도면48



도면49



도면50